



**Ana Cristina Gil  
Videira Quintã**

**ACREDITAÇÃO DE UM LABORATÓRIO DE  
ENSAIOS**



**Ana Cristina Gil  
Videira Quintã**

## **ACREDITAÇÃO DE UM LABORATÓRIO DE ENSAIOS**

Relatório de atividade profissional apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica da Prof.<sup>a</sup> Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho ao meu marido André.

## **o júri**

Presidente

Prof.<sup>a</sup> Doutora Margarida João Fernandes de Pinho Lopes  
Professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor António José Barbosa Samagaio  
Professor associado da Universidade de Aveiro

Prof.<sup>a</sup> Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa  
Professora auxiliar da Universidade de Aveiro

## **Agradecimentos**

Agradeço à empresa CERTIFER onde decorreram os trabalhos descritos neste documento, em particular ao Eng.º Paulo Rocha.

Agradeço à minha orientadora pela ajuda para levar este trabalho a bom termo.

Agradeço ao meu marido pelo apoio e paciência.

## **Palavras-chave**

Acústica de edifícios, ruído ambiente, acreditação.

## **Resumo**

Neste trabalho são apresentados os métodos normalizados para verificação do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) e do Regulamento Geral do Ruído (RGR). O primeiro regulamento tem como objetivo criar condições acústicas de qualidade e de conforto aos utilizadores dos edifícios. Por sua vez o RGR estabelece o regime de prevenção sonora, recorrendo a critérios de zonamento, à utilização de mapas de ruído, à criação de planos de redução de ruído e à imposição de obrigações para entidades gestoras de redes de tráfego visando a tranquilidade da população, contempla também aspetos específicos adicionais de licenciamento de atividades ruidosas permanentes e temporárias.

No âmbito do RRAE, são apresentados os métodos de ensaio e cálculo para determinação do isolamento a sons aéreos, a sons de percussão, o nível de ruído de equipamentos coletivos de um edifício e o tempo de reverberação em salas.

Quanto ao RGR, são apresentados os métodos de ensaio e cálculo para verificação dos valores limites de exposição e verificação do critério de incomodidade.

A verificação dos regulamentos, por imposição legal, deve ser realizada por entidades acreditadas, é apresentada uma breve descrição dos requisitos de gestão e dos requisitos técnicos da norma ISO/IEC 17025 para obtenção da acreditação de um laboratório de ensaios acústicos, junto do Instituto Português de Acreditação (IPAC).

## **Keywords**

Buildings acoustic, environmental noise, accreditation.

## **Abstract**

In this work, the standardized methods for evaluation of the Regulation of Acoustic Requirements for Buildings (RRAE) and the General Regulations for Noise (RGR) are presented. The first regulation aims to create acoustic conditions for quality and comfort for buildings users. The RGR establishes the regime for noise prevention, employing zoning criteria, using noise maps, creating noise reduction plans and imposing obligations for entities managing network traffic seeking the population's comfort; it also addresses additional specific aspects of licensing permanent and temporary noisy activities.

In the RRAE, the test methods and calculations for determining the airborne sound insulation for impact sounds, the noise level of collective equipments in a building and the reverberation time in ordinary rooms are presented.

In terms of the RGR, it addresses the test methods and calculation for evaluation of exposure limits and of the noise annoyance criteria.

The evaluation of the regulations, by legal imposition, must be performed by accredited entities. A brief description of the management requirements and technical requirements of ISO/IEC 17025 to obtain accreditation of an acoustics laboratory, by the Portuguese Institute of Accreditation (IPAC), is presented in this work.

# Índice

Índice.....	i
Índice de Figuras .....	iii
Índice de Tabelas .....	iv
Simbologia/Nomenclatura .....	vi
Lista Acrónimos e Siglas .....	xiv
1. Introdução .....	1
1.1. Enquadramento do tema.....	1
1.2. Objetivos do trabalho .....	2
1.3. Organização do Relatório.....	3
2. Revisão bibliográfica .....	4
2.1. Evolução de Normas e legislação .....	4
2.2. Trabalhos científicos .....	5
3. Acústica.....	12
3.1. Equipamentos .....	12
3.1.1. Definições .....	13
3.1.2. Controlo metrológico .....	13
3.1.3. Sonómetro .....	14
3.1.4. Acessórios para sonómetros.....	15
3.1.5. Máquina de percussão .....	16
3.1.6. Fonte sonora .....	16
3.1.7. Anemómetro e Termohigrómetro .....	18
3.2. Acústica de edifícios .....	19
3.2.1. Definições .....	20
3.2.2. Isolamento sonoro a sons de condução aéreo de fachadas.....	21
3.2.2.1. Documentos Aplicáveis .....	21
3.2.2.2. Método global com altifalante .....	22
3.2.3. Sons aéreos.....	26
3.2.3.1. Documentos Aplicáveis .....	26
3.2.3.2. Método de ensaio .....	26
3.2.4. Sons percussão .....	31
3.2.4.1. Documentos Aplicáveis .....	31
3.2.4.2. Método de ensaio .....	31
3.2.5. Tempo de Reverberação.....	37
3.2.5.1. Documentos Aplicáveis .....	37
3.2.5.2. Método de ensaio .....	37
3.2.6. Nível de avaliação .....	41
3.2.6.1. Documentos Aplicáveis .....	41
3.2.6.2. Método de ensaio .....	41
3.3. Ruído Ambiente .....	46
3.3.1. Definições .....	46
3.3.2. Documentos aplicáveis.....	47
3.3.3. Critério de incomodidade.....	47
3.3.4. Medição de níveis de pressão sonora. Determinação do nível sonoro médio de longa duração .....	56
3.4. Cálculo de incertezas.....	65
3.4.1. Definições .....	65



3.4.2.	Incertezas do tipo A .....	65
3.4.3.	Incertezas do tipo B.....	66
3.4.4.	Cálculo da incerteza padrão da estimativa da grandeza de saída.....	67
3.4.5.	Cálculo da incerteza padrão da medição expandida .....	68
3.4.6.	Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao isolamento sonoro a sons de condução aéreo de fachadas .....	69
3.4.7.	Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao isolamento sonoro a sons de condução aéreo .....	71
3.4.8.	Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao isolamento sonoro a sons de percussão .....	73
3.4.9.	Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao tempo de reverberação .....	74
3.4.10.	Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao nível de avaliação .....	75
3.4.11.	Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao ruído ambiente – determinação do nível sonoro médio de longa duração .....	77
3.4.12.	Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao critério de incomodidade .....	80
4.	Processo de acreditação do laboratório de acústica .....	81
4.1.	Definições .....	81
4.2.	Processo de acreditação.....	82
4.2.1.	Apresentação da candidatura.....	82
4.2.2.	Processamento da candidatura .....	83
4.2.3.	Equipa Avaliadora.....	83
4.2.4.	Auditoria do IPAC .....	84
4.2.5.	Após auditoria .....	85
4.2.6.	Decisão do IPAC.....	85
4.2.7.	Manutenção da acreditação .....	86
4.2.8.	Alterações ao âmbito de acreditação.....	86
4.2.9.	Transferência de acreditação.....	86
4.2.10.	Suspensão voluntária.....	87
4.2.11.	Anulação voluntária .....	87
4.2.12.	Sanções.....	87
4.3.	A norma ISO 17025 .....	87
4.4.	Implementação do sistema .....	88
4.4.1.	Manual da Qualidade .....	89
4.4.2.	Procedimentos .....	96
4.4.3.	Documentos, registos e Impressos .....	100
4.4.4.	Folhas de cálculo.....	102
4.4.5.	Auditoria Interna .....	102
5.	Discussão .....	104
6.	Conclusões .....	107
	Referências bibliográficas.....	109
	Anexo A – Exemplos .....	114

## Índice de Figuras

Figura 1.	Conjunto de sonómetro de classe 1 [CESVAb]	15
Figura 2.	Cabo de extensão [CESVAb]	15
Figura 3.	Vareta extensível [CESVAb]	15
Figura 4.	Exemplo de uma máquina de percussão (martelos) [CESVAb]	16
Figura 5.	Exemplo de um conjunto de fonte sonora [CESVAb]	16
Figura 6.	Exemplo um termohigrómetro e anemómetro [Alvo Acústico]	18
Figura 7.	Ensaios num edifício misto (exemplo) Adaptado de [Engacustica]	19
Figura 8.	Modelo de ruído branco	20
Figura 9.	Modelo de ruído rosa	21
Figura 10.	Esquema da posição do altifalante no exterior [ISO 140-5]	23
Figura 11.	Esquema de medição adaptado de [CESVAa]	24
Figura 12.	Esquema de medição [CESVAa]	28
Figura 13.	Exemplos de medição [ISO 140-14]	30
Figura 14.	Esquema de medição, adaptado de [CESVAa]	32
Figura 15.	Exemplos de medição [ISO 140-14]	35
Figura 16.	Combinação das posições da máquina de percussão e posições do microfone [ISO 140-14]	36
Figura 17.	Correção meteorológica [ISO 9613-2]	62
Figura 18.	Raio de curvatura de propagação sonora, $R$ e contribuição da incerteza de medição, expressa como o desvio padrão, $\sigma_m$ , devido à influência das condições meteorológicas, para várias combinações de alturas de recetor/fonte sobre solo poroso [ISO 1996-2].	79
Figura 19.	Gestão da melhoria	93

## Índice de Tabelas

Tabela 1.	Equipamentos a usar em cada ensaio	12
Tabela 2.	Termos de adaptação [ISO 717-1] e [Patrício 2007]	25
Tabela 3.	Espectro para cálculo dos termos de adaptação	25
Tabela 4.	N.º de posições da fonte sonora e do microfone	29
Tabela 5.	N.º de posições da máquina de percussão e do microfone [ISO 140-14]	34
Tabela 6.	Número mínimo de posições do microfone e fonte	39
Tabela 7.	Correspondência das designações	46
Tabela 8.	Altura e localização do sonómetro	48
Tabela 9.	Valores limites	52
Tabela 10.	Funcionamento da Fonte	58
Tabela 11.	Valores limite de exposição	63
Tabela 12.	Valor de K	69
Tabela 13.	Requisitos da NP EN ISO/IEC 17025	88
Tabela 14.	Procedimentos para implementação de um SGQ	89
Tabela 15.	Exemplo de organização de um Manual da Qualidade	90
Tabela 16.	Exemplo de organização dos índices dos PGQ	96
Tabela 17.	Documentos	100
Tabela 18.	Registos	101
Tabela 19.	Medições do nível de ruído de fundo no quarto	114
Tabela 20.	Tempo de reverberação	114
Tabela 21.	Nível sonoro medido a 2m em frente da fachada	115
Tabela 22.	Nível do sinal e do ruído de fundo combinados no quarto	115
Tabela 23.	Diferença entre o nível do sinal e do ruído de fundo combinados e o nível de ruído de fundo ( $L_{sb}-L_b$ ), nível médio de pressão sonora do quarto corrigido do ruído de fundo ( $L_2$ )	115
Tabela 24.	Incerteza do equipamento de medição e do arredondamento	115
Tabela 25.	Cálculo da incerteza expandida e de $D_{2m,nT,f}$	115
Tabela 26.	Cálculo da curva de referência	116
Tabela 27.	Cálculo do termo de adaptação (C)	117
Tabela 28.	Caraterização do equipamento	118
Tabela 29.	Medições de ruído ambiente e de ruído de fundo	118

Tabela 30. A – Correções devidas à malha A	118
Tabela 31. Cálculo de $L_{eq}$ médio corrigido	119
Tabela 32. Tempo de reverberação	119
Tabela 33. Resultado	119
Tabela 34. Levantamento	120
Tabela 35. Valores de $C_{met}$	120
Tabela 36. Valores de $L_{Aeq,T(Dw)}$ e $L_{Aeq,LT}$	120
Tabela 37. Resultados finais	121

## SIMBOLOGIA/NOMENCLATURA

$A_{t(f)}$	Atenuação do som, de acordo com a curva de ponderação A, em frequência em dB.
C e $C_{tr}$	Termos de adaptação, em dB.
$C_{met}$	Correção meteorológica [ISO 9613-2], em dB.
$D_{2m,nT}$	Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, de uma fachada, em dB.
$D_{2m,nT,f}$	Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, de uma fachada, por banda de frequência em dB.
$D_{nT}$	Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, em dB.
$D_{nT,f}$	Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, por banda de frequência em dB.
$K_1$	Coefficiente de correção tonal.
$K_2$	Coefficiente de correção impulsiva.
L	Nível do sinal corrigido, em dB.
$L_1$	Nível médio de pressão sonora no compartimento emissor, em dB [ISO 140-4]. Nível de pressão sonora do equipamento de serviço medido em bandas de um terço de oitavas, em dB [ISO 1632].
$L_{1,2m}$	Nível médio de pressão sonora exterior, medido a 2m da fachada, em dB.
$L_{1,2m,f}$	Nível Sonoro médio medido a 2m em frente da fachada por banda de frequência, em dB.
$L_{1,f}$	Nível sonoro médio no compartimento emissor, por banda de frequência, em dB.
$L_2$	Nível médio de pressão sonora no compartimento recetor, corrigido do ruído de fundo, em dB [ISO 140-4] e [ISO 140-5]. É o nível de pressão sonora do ruído de fundo em bandas de terço de oitavas, em dB [ISO 1632].
$L_{2,f}$	Nível sonoro médio medido no compartimento recetor corrigido do ruído de fundo, por banda de frequência em dB.

$L_A$	Nível sonoro contínuo equivalente global do ruído particular do equipamento, ponderado A, em dB(A).
$L_{A,f}$	Nível sonoro médio contínuo equivalente do ruído particular do equipamento, ponderado A por banda de frequência em dB(A).
$L_{Aeq,f}$	Nível sonoro médio total no compartimento recetor, ponderado A, por banda de frequência em dB.
$L_{Aeq,f(rf)}$	Nível sonoro médio residual no compartimento recetor, ponderado A, por banda de frequência em dB.
$L_{Aeq,T}$	Nível sonoro contínuo equivalente em dB(A).
$L_{Aeq,T(DW)}$	Nível sonoro obtido em condições de propagação favorável (vento favorável – downwind) em dB(A).
$L_{Aeq,LT}$	Nível sonoro médio de longa duração em dB(A).
$L_{AR}$	Nível de avaliação em dB(A).
$L_{Ar,nT}$	Nível sonoro do ruído particular de equipamentos padronizado, em dB(A).
$L_b$	Nível do ruído de fundo em dB.
$L_{Ceq}$	Nível equivalente de pressão sonora, ponderado C, em dB(C).
$L_d$	Nível sonoro médio de longa duração para o período diurno. Indicador de ruído diurno (ou $L_{day}$ ) em dB(A).
$L_{den}$	Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno em dB(A).
$L_e$	Nível sonoro médio de longa duração para o período entardecer. Indicador de ruído entardecer (ou $L_{evening}$ ) em dB(A).
$L_{eq,f}$	Nível Sonoro médio total no compartimento recetor, por banda de frequência em dB.
$L_{eq,f}^*$	Nível sonoro de ruído de equipamentos medido no compartimento recetor e corrigido do efeito do ruído de fundo, por banda de frequência em dB.
$L_{eq,f, (rf)}$	Nível sonoro médio residual no compartimento recetor, por banda de frequência em dB.
$L_i$	Nível sonoro médio no compartimento recetor, resultante de uma ação mecânica de percussão normalizada corrigido do efeito do ruído de fundo, em dB.

$L_{i,f}$	Nível sonoro médio no compartimento recetor, resultante de uma ação mecânica de percussão normalizada corrigido do efeito do ruído de fundo, por banda de frequência em dB.
$L_n$	Nível sonoro médio de longa duração para o período noturno. Indicador de ruído noturno (ou $L_{night}$ ) em dB(A).
$L'_{nT}$	Nível sonoro de percussão padronizado, em dB.
$L'_{nT,f}$	Nível sonoro de percussão padronizado, por banda de frequência, em dB.
$L_{residual}$	Nível médio sonoro residual, em dB(A).
$L_{sb}$	Nível do sinal e do ruído de fundo combinados, em dB.
$L_{total}$	Nível médio total, em dB(A).
$n$	Número de decaimentos em cada ponto de medição na obtenção do tempo de reverberação médio.
$N$	Número de combinações independentes entre sistema microfone-fonte na obtenção do tempo de reverberação médio.
$T$	Tempo de reverberação medido no local, em segundos.
$T_0$	Tempo de reverberação de referência, em segundos; para compartimentos de habitação ou com dimensões comparáveis, $T_0 = 0,5$ s; para compartimentos em que haja tempo de reverberação atribuível em projeto, o valor de referência a considerar será o do respetivo tempo de dimensionamento.
$T_{20\text{ dB},f}$	Tempo de reverberação médio obtido por decaimento de 20 dB, por banda de frequência em segundos.
$T_{30\text{ dB},f}$	Tempo de reverberação médio obtido por decaimento de 30 dB, por banda de frequência em segundos.
$T_{500\text{Hz}, 1000\text{Hz}, 2000\text{Hz}}$	Tempo de reverberação médio obtido a partir da média aritmética dos tempos obtidos nas bandas de oitava de 500Hz, 1000Hz e 2000Hz, em segundos.
$u(arr)$	Incerteza padrão associada ao arredondamento, em dB.
$u(D_{2m,nT,f})$	Incerteza combinada do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado de uma fachada, por banda de frequência, em dB.
$u(D_{nT,f})$	Incerteza combinada do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, por banda de frequência, em dB.

$u(L_{1,2m,f})$	Incerteza padrão do nível sonoro médio medido a 2 m em frente da fachada, por banda de frequência, em dB.
$u(L_{1,f})$	Incerteza padrão do nível sonoro médio no compartimento emissor, por banda de frequência, em dB.
$u(L_{2,f})$	Incerteza padrão do nível sonoro médio no compartimento recetor, corrigido do efeito do ruído de fundo por banda de frequência, em dB.
$u(L_A)$	Incerteza combinada do nível sonoro contínuo equivalente global, ponderado A, corrigido do efeito do ruído residual do compartimento recetor, em dB.
$u(L_{A,f})$	Incerteza combinada do nível sonoro contínuo equivalente ponderado A, corrigido do efeito do ruído residual do compartimento recetor, por banda de frequência, em dB.
$u(L_{Aeq,f})$	Incerteza padrão do nível sonoro médio total no compartimento recetor, ponderado A, por banda de frequência, em dB.
$u(L_{Aeq,f(rf)})$	Incerteza padrão do nível sonoro médio residual no compartimento recetor, ponderado A, por banda de frequência, em dB.
$u(L_{Ar})$	Incerteza combinada do nível de avaliação, em dB.
$u(L_{Ar,nT})$	Incerteza combinada do nível de avaliação sonoro do ruído particular de equipamentos padronizado, em dB.
$u(L_d)$	Incerteza combinada associada ao nível sonoro médio de longa duração para o período diurno, em dB.
$u(L_{den})$	Incerteza combinada associada do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, em dB.
$u(L_e)$	Incerteza combinada associada ao nível sonoro médio de longa duração para o período entardecer em dB.
$u(L_{eq,f})$	Incerteza padrão do nível sonoro médio total no compartimento recetor por banda de frequência, em dB.
$u(L_{eq,f(rf)})$	Incerteza padrão do nível sonoro médio residual no compartimento recetor, por banda de frequência, em dB.
$u(L_{eq,f}^*)$	Incerteza padrão do nível sonoro de ruído de equipamentos medido no compartimento recetor e corrigido do efeito do ruído de fundo, por banda de frequência, em dB.



$u(L_{i,f})$	Incerteza padrão do nível sonoro médio no compartimento recetor, resultante de uma ação mecânica de percussão normalizada, corrigido do efeito do ruído de fundo, por banda de frequência, em dB.
$u(L_n)$	Incerteza combinada associada ao nível sonoro médio de longa duração para o período noturno em dB.
$u(L'_{nT,f})$	Incerteza combinada do nível sonoro de percussão, por banda de frequência, em dB.
$u(L_{\text{residual}})$	Incerteza combinada do nível sonoro médio residual, em dB.
$u(\text{son})$	Incerteza padrão associada ao sonómetro, em dB.
$u(T_{20\text{dB},f})$	Incerteza padrão do tempo de reverberação médio, obtido por decaimentos de 20dB, por banda de frequência, em segundos.
$u(T_{30\text{dB},f})$	Incerteza padrão do tempo de reverberação médio, obtido por decaimentos de 30dB, por banda de frequência, em segundos.
$u(T_{500\text{Hz},1000\text{Hz},2000\text{Hz}})$	Incerteza padrão do tempo de reverberação médio, obtido por bandas de oitava centradas nas frequências de 500Hz, 1000Hz e 2000Hz, em segundos.
$U(D_{2m,nT,f})$	Incerteza expandida do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, de uma fachada, por banda de frequência, em dB.
$U(D_{nT,f})$	Incerteza expandida do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, por banda de frequência, em dB.
$U(L_{Ar,nT})$	Incerteza expandida do nível sonoro do ruído particular de equipamentos padronizados, em dB.
$U(L_{Ar})$	Incerteza expandida do nível do nível de avaliação, em dB.
$U(L_{\text{den}})$	Incerteza expandida do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, em dB.
$U(L'_{nT,f})$	Incerteza expandida do nível sonoro de percussão padronizado, por banda de frequência, em dB.
Vinc	Nível de incomodidade, em dB (RGR).
X	Incerteza padrão associada à fonte, em dB.
$Y(\sigma_m)$	Incerteza padrão associada à influência dos efeitos meteorológicos em dB.

$Z$	Incerteza padrão associada à influência do ruído residual, em dB.
$\partial D_{2m,nT,f} / \partial T_{20dB,f}$	Coeficiente de sensibilidade do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, de uma fachada em ordem do tempo de reverberação médio obtido por decaimentos de 20 dB, por banda de frequência.
$\partial D_{2m,nT,f} / \partial L_{eq,f}$	Coeficiente de sensibilidade do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, de uma fachada em ordem ao nível sonoro médio total no compartimento recetor, por banda de frequência.
$\partial D_{nT,f} / \partial T_{20dB,f}$	Coeficiente de sensibilidade do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, em ordem do tempo de reverberação médio obtido por decaimentos de 20 dB, por banda de frequência.
$\partial D_{nT,f} / \partial L_{eq,f}$	Coeficiente de sensibilidade do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, em ordem ao nível sonoro médio total no compartimento recetor, por banda de frequência.
$\partial D_{nT,f} / \partial L_{eq,f(rf)}$	Coeficiente de sensibilidade do isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, em ordem ao nível sonoro médio residual no compartimento recetor, por banda de frequência.
$\partial L_{Af} / \partial L_{Aeq,f}$	Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro contínuo equivalente global, corrigido do efeito do ruído de ruído residual do compartimento recetor, em ordem ao nível médio total no compartimento recetor, valores ponderados A e por banda de frequência.
$\partial L_{Af} / \partial L_{Aeq,f(rf)}$	Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro contínuo global, corrigido do efeito do ruído de ruído residual do compartimento recetor, em ordem ao nível médio residual no compartimento recetor, valores ponderados A e por banda de frequência.
$\partial L_A / \partial L_{A,f}$	Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro contínuo equivalente global, ponderado A, corrigido do efeito do ruído de ruído residual do compartimento recetor, em ordem a cada uma das componentes de frequência.

$\partial L_{eq,f}^*/\partial L_{eq,f(rf)}$	Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro contínuo equivalente global, corrigido do efeito do ruído de ruído residual do compartimento recetor, em ordem ao nível sonoro médio residual no compartimento recetor e por banda de frequência.
$\partial L_{eq,f}^*/\partial L_{eq,f}$	Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro contínuo equivalente global, corrigido do efeito do ruído de ruído residual do compartimento recetor, em ordem ao nível sonoro médio total no compartimento recetor e por banda de frequência.
$\partial L_{Ar,nT}/\partial T_{500Hz,1000Hz,2000Hz}$	Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro contínuo equivalente global, ponderado A, corrigido do efeito do ruído residual do compartimento recetor, em ordem ao tempo de reverberação médio em segundos obtido por bandas de oitava centradas nas frequências de 500Hz, 1000Hz e 2000Hz.
$\partial L_{den}/\partial L_d$	Coeficiente de sensibilidade do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, em ordem ao nível sonoro médio de longa duração para o período diurno.
$\partial L_{den}/\partial L_e$	Coeficiente de sensibilidade do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, em ordem ao nível sonoro médio de longa duração para o período entardecer.
$\partial L_{den}/\partial L_n$	Coeficiente de sensibilidade do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, em ordem ao nível sonoro médio de longa duração para o período noturno.
$\partial L'_{nT,f}/\partial T_{20dB,f}$	Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro de percussão padronizado, em ordem ao tempo de reverberação médio, obtido por decaimentos de 20 dB, por banda de frequência.
$\partial L'_{nT,f}/\partial L_{eq,f}$	Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro de percussão padronizado, em ordem ao nível sonoro médio total no compartimento recetor, por banda de frequência.
$\partial L'_{nT,f}/\partial L_{eq,f(rf)}$	Coeficiente de sensibilidade do nível sonoro de percussão padronizado, em ordem ao nível sonoro médio residual no compartimento recetor, por banda de frequência.
$\sigma (L_{1,2m,f})$	Desvio padrão do nível sonoro médio medido a 2m em frente da fachada, por banda de frequência, em dB.

$\sigma (L_{1,f})$	Desvio padrão do nível sonoro médio no compartimento emissor, por banda de frequência, em dB.
$\sigma (L_{2,f})$	Desvio padrão do nível sonoro médio no compartimento recetor, corrigido do ruído de fundo, por banda de frequência, em dB.
$\sigma (L_{Aeq,f})$	Desvio padrão do nível sonoro médio total no compartimento recetor, ponderado A, por banda de frequência, em dB.
$\sigma (L_{Aeq,f(rf)})$	Desvio padrão do nível sonoro médio residual no compartimento recetor, ponderado A, por banda de frequência, em dB.
$\sigma (L_{eq,f(rf)})$	Desvio padrão do nível sonoro médio residual no compartimento recetor, por banda de frequência, em dB.
$\sigma (L_{eq,f})$	Desvio padrão do nível sonoro médio total no compartimento recetor, por banda de frequência, em dB.
$\sigma (L_{i,f})$	Desvio padrão do nível sonoro médio no compartimento recetor, resultante de uma ação mecânica de percussão normalizada, corrigido do efeito do ruído de fundo, por banda de frequência, em dB.

## LISTA ACRÓNIMOS E SIGLAS

EMA	Erro Máximo Admissível
IPAC	Instituto Português de Acreditação
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MQ	Manual da Qualidade
PGQ	Procedimento Geral da Qualidade
RA	Ruído Ambiente
RGR	Regulamento Geral do Ruído
RP	Ruído Particular
RR	Ruído Residual
RRAE	Regulamento dos requisitos Acústicos dos Edifícios
RT	Ruído Total
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
VIM	Vocabulário Internacional de Metrologia

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. Enquadramento do tema**

As preocupações referentes ao ruído, nomeadamente os seus efeitos nocivos na população deu origem a um quadro legal relacionado com a proteção contra o ruído e com o conforto acústico das populações. Atualmente na legislação portuguesa existem dois regulamentos em vigor: o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) e o Regulamento Geral do Ruído (RGR).

Os aspetos legais do RRAE têm como objetivo criar condições acústicas de qualidade e de conforto aos utilizadores dos edifícios, tanto na fase de projeto como na verificação de conformidade acústica para efeitos de licenciamento de utilização junto das câmaras municipais. Por sua vez o RGR estabelece o regime de prevenção sonora, recorrendo a critérios de zonamento, à utilização de mapas de ruído, à conceção de planos de redução de ruído e à imposição de obrigações para entidades gestoras de redes de tráfego visando a tranquilidade da população, contempla também aspetos específicos adicionais de licenciamento de atividades ruidosas permanentes e temporárias.

O organismo nacional que presta serviços de acreditação é o Instituto Português de Acreditação (IPAC). A acreditação funciona como um regulador técnico que garante reconhecimento da competência técnica de entidades para efetuar atividades específicas como por exemplo ensaios na área da acústica para emissão de um relatório. A acreditação pode ser criada por opção voluntária da entidade ou imposta por legislação ou pelo mercado. Atualmente os ensaios e medições acústicas para verificação do cumprimento do RGR e do RRAE para laboratórios de acústica são por imposição da legislação.

## 1.2. Objetivos do trabalho

O objetivo do trabalho é dar a conhecer o trabalho desenvolvido no Laboratório de Acústica da empresa Certifer que iniciou com a implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) para obtenção de uma acreditação junto do IPAC.

Nesse sentido este trabalho apresenta orientações para a implementação do SGQ nomeadamente para a elaboração do Manual da Qualidade (MQ) da empresa, a elaboração de Procedimentos Gerais da Qualidade (PGQ), participação em auditorias internas e na auditoria de concessão do IPAC e tratamento das não conformidades após auditorias. Apresenta os métodos de ensaio e cálculo para a elaboração de procedimentos técnicos e apresenta o método de cálculo de incertezas.

Assim este trabalho apresenta os métodos normalizados de ensaio para a verificação do cumprimento do RRAE e para verificação dos limites impostos pelo RGR. Dá orientações para a implementação de um SGQ, pela norma NP EN ISO/IEC 17025 - Requisitos Gerais de Competência para Laboratórios de Ensaio e Calibração.

A nível do RRAE são apresentados os seguintes índices:

- Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos e determinação do índice de isolamento sonoro;
- Medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada e determinação do índice de isolamento;
- Medição do isolamento a sons de percussão de pavimentos e determinação do índice de isolamento sonoro;
- Medição do Tempo de reverberação em salas (recintos fechados);
- Ruído de equipamentos coletivos de um edifício;
- Determinação e avaliação do ruído do nível sonoro do ruído particular (equipamentos coletivos de edifícios).

Ao nível do RGR este trabalho dá a conhecer métodos de medição dos níveis de pressão sonora para verificação:

- Critério da incomodidade;
- Valores limites de exposição (Determinação do nível médio de longa duração).

### **1.3. Organização do Relatório**

No capítulo 2 é apresentado a evolução de normas e legislação em Portugal e alguns trabalhos científicos publicados na área de acústica.

No capítulo 3 são apresentados os equipamentos utilizados nos diversos ensaios. São apresentados todos os métodos de ensaio para verificação do RGR e RRAE bem como o cálculo de incerteza para cada ensaio.

No capítulo 4 são apresentadas orientações para implementar um SGQ e para solicitar a acreditação junto do IPAC.

No capítulo 5 é apresentada uma breve discussão do trabalho desenvolvido.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões finais.



## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nesta secção são apresentadas de forma sucinta, a evolução da legislação e normas em Portugal e alguns trabalhos científicos publicados em livros técnicos, artigos científicos e dissertações de mestrado que servem de motivação e contextualização para o trabalho descrito neste documento.

### **2.1. Evolução de Normas e legislação**

A primeira legislação sobre o ruído entrou em vigor, em Portugal, em 1988 com o decreto-lei n.º 251/87 de 24 Junho e contemplava aspetos relacionados com a acústica de edifícios e o exercício de atividades comerciais. Este decreto estabelecia requisitos a serem cumpridos nos novos edifícios, em termos de isolamento sonoro a sons aéreos e de percussão, e condições específicas de emissão de ruído no licenciamento de estabelecimentos comerciais, de serviços ou similares. Para efeitos de zonamento do uso do solo este decreto/lei n.º 251/87 classificava as zonas urbanizadas ou urbanizáveis com base na caracterização dos níveis de ruído ambiente, existentes, em 3 zonas acústicas: pouco ruidosas, ruidosas e muito ruidosas.

No ano 2000 a regulamentação portuguesa foi dividida em dois ramos: um relacionado com a acústica de edifícios e outro relacionado com o ruído ambiental:

- Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios (decreto-lei 129/2002, de 11 Maio);
- Regime legal da poluição sonora (decreto-lei 292/2000, de 14 de Novembro).

No ano de 2006, por força da transposição para o direito interno da diretiva europeia sobre a gestão e avaliação do ruído ambiente, toda a legislação nacional sobre o ruído teve de ser adaptada, dando origem ao decreto-lei n.º 146/2006, de 31 de Julho. Para integrar os indicadores ambientais indicador de ruído diurno-entardecer-noturno ( $L_{den}$ ) e o indicador de ruído noturno ( $L_n$ ) constantes no decreto-lei n.º 146/2006, na legislação nacional do ruído ambiente, o regime legal da poluição sonora (decreto-lei 292/2000, de 14 de Novembro) foi atualizado dando origem ao decreto-lei 9/2007, de 17 de Janeiro.). O RRAE (decreto-lei 129/2002, de 11 Maio) teve também de ser adaptado, o que ocorreu com a publicação do novo regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios assegurando-se a coerência entre os três normativos legais.

As alterações no novo RRAE contemplam um maior número de edifícios, considera as unidades hoteleiras, auditórios e salas de espetáculo, estende as exigências das escolas e hospitais e outras unidades com uso similar. Este regulamento não se dirige apenas à construção nova, mas também aos edifícios antigos que sejam objeto de processos de reconstrução, ampliação ou alteração. Atualiza os parâmetros de desempenho acústico nos edifícios e os indicadores do ruído de equipamentos e instalações.

As normas também têm sido alteradas, inicialmente para a medição do tempo de reverberação para o cumprimento do RRAE usava-se a norma a norma 352 ou a ISO 3382, no entanto a norma 352, referida nas normas ISO 140 é uma norma de laboratório. A ISO 3382 foi substituída pelas normas ISO 3382-1 (auditórios) e ISO 3382-2 (salas correntes). Atualmente as normas usadas para o cálculo do tempo de reverberação *in situ* é a ISO 3382-2 para salas correntes e a norma ISO 3382-1 para auditórios.

A norma NP 1730, constituída por 3 partes foi substituída pela norma NP ISO 1996 constituída por duas partes intitulada de "Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente" em que estabelece os procedimentos a adotar na realização de ensaios acústicos para avaliação de exposição a níveis de ruído ambiente exterior e para avaliação da incomodidade devida ao ruído.

## **2.2. Trabalhos científicos**

A publicação [Patrício 2011] é um manual de apoio interpretativo à boa aplicação do regulamento geral do ruído (decreto-lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro) e do regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios (decreto-lei n.º 96/2008 de 9 de junho) no qual pretende clarificar as interfaces que existam entre estes dois normativos tanto numa perspetiva técnica como jurídica.

Em [Patrício 2005] são apresentadas as normas internacionais publicadas pelo CEN – Comité Europeu de Normalização. Define o que se entende por sons de percussão e as suas possíveis origens. Caracteriza os índices de isolamento a sons de percussão utilizados no espaço comunitário europeu nas medições em laboratório e nas medições *in situ*. Apresenta-se o termo de adaptação, cujo objetivo é o de ter em conta aspetos de incomodidade sentida pelos ocupantes dos edifícios, assim como a sua correspondente

aplicação. São discutidas as diferenças entre um piso com revestimento e sem revestimento. Os revestimentos de piso contribuem significativamente para a atenuação da transmissão de sons de impacto. Neste contexto o autor considera dois sistemas atenuantes principais, os constituídos pela aplicação de revestimento de piso resiliente e os de piso flutuante.

Nos revestimentos com piso resiliente a redução deriva do aumento do tempo de impacto da ação de percussão induzida, este aumento de tempo de impacto encontra-se relacionado com as características elásticas do revestimento de piso (resiliente) e irá estreitar o espectro de excitação introduzida na laje de suporte de cargas originando, por uma lado, a introdução de mais componentes de baixa frequência e alterando, por outro, a amplitude de força associada a cada componente que integra o espectro em questão.

Nos revestimentos de piso flutuante a redução da transmissão sonora é proporcionada por um modelo reológico/mola, sendo a massa definida pela lajeta flutuante e a mola pelas características elásticas de camada de material resiliente colocada subjacente.

Em [Alarcão 2008], no âmbito do programa de modernização de escolas com o ensino secundário encetado pelo Ministério da educação apresenta um levantamento experimental das condições acústicas das escolas nacionais.

Devido às diferentes tipologias do ponto de vista da arquitetura e das suas funcionalidades os autores para o levantamento experimental agruparam as escolas em 3 tipologias: escolas de tipologia 1 - Estabelecimentos de ensino considerados como históricos; escolas de tipologia 2 - Estabelecimentos de ensino edificados durante o estado novo e escolas de tipologia 3 - Estabelecimentos de ensino edificados a partir de 1970 (pavilhonar). É ainda apresentada uma breve descrição de cada tipologia.

Os resultados apresentados no artigo para as escolas de tipologia 1 foram de 45 dB para  $D_{nT,W}$  e de 30 dB para  $D_{2m,nT,w}$  considerados, em geral, como satisfatórios, quanto ao tempo de reverberação os autores apresentam vários valores para diferentes locais da escola e estes não satisfazem normalmente, os valores máximos considerados ótimos para os diferentes espaços. Para as escolas de tipologia 2 foram apresentados valores de 40 dB para  $D_{nT,W}$  e de 28 dB para  $D_{2m,nT,w}$  estes valores foram considerados, em geral, como insatisfatórios, quanto ao tempo de reverberação, os autores apresentam vários valores para diferentes locais da escola e concluem que os valores medidos se

encontram geralmente bastante acima dos desejáveis. As escolas de tipologia 3 apresentam melhores condições acústicas internas devido à menor volumetria dos espaços ao emprego de materiais menos rígidos, no entanto, a nível de isolamentos de portas e janelas, isolamento entre espaços e isolamento de fachadas, o desempenho acústico é normalmente inferior ao registado nas escolas de tipologias 1 e 2, são apresentado valores de 40 dB para  $D_{nT,W}$  e de 26 dB, valores inferiores aos desejáveis quanto ao tempo de reverberação, regra geral, os valores são bastante inferiores aos registados nas escolas de tipologia 1 e 2, no entanto, encontram-se acima dos valores tidos como desejáveis.

É também apresentado um estudo sobre as condições ótimas em espaços de aprendizagem. Contém um guião de boas práticas com recomendações a ter em conta nos projetos acústicos. Discute os aspetos considerados mais relevantes para se obter uma boa qualidade acústica nos diferentes espaços constituintes de uma escola do ensino básico. Faz uma abordagem à importância das condições acústicas para o sucesso de aprendizagem.

Em [Ferreira 2007] é efetuado um levantamento, no mercado da construção de edifícios e das soluções tecnológicas disponíveis para o controlo do ruído em edifícios de habitação. Nesta dissertação são apresentadas apenas soluções tecnológicas de isolamento sonoro: sons aéreos e sons de percussão, tendo como base o RRAE, aprovado no Decreto-Lei n.º 129/2002 de 11 de Maio.

Relativamente aos sons aéreos o autor enumera um conjunto de soluções construtivas de isolamento de paredes de habitação (transmissão horizontal) e aos seus elementos heterogéneos (portas e janelas), elementos que afetam muito significativamente o isolamento global. No que se refere a isolamento a sons aéreos de pavimentos (transmissão vertical) o autor optou por estudar apenas as soluções de teto falso. Nos sons de percussão são estudados os pavimentos flutuantes, utilizando a tradicional laje de betão armado e revestimentos aplicados a pavimentos aligeirados.

De seguida são apresentadas algumas das conclusões da referida dissertação.

Uma das principais conclusões na análise das soluções tecnológicas para o isolamento a ruído de sons aéreos e ruído de percussão é que a informação sobre as soluções ainda não é suficientemente clara e homogénea.

Relativamente às paredes duplas em alvenaria o autor conclui o seguinte:

- Nas soluções de paredes duplas com tijolo cerâmico furado a solução AD10 (reboco 10mm + alvenaria 70mm + lâ de rocha (40) + alvenaria 110mm + reboco 10mm) apresenta-se como a melhor relação preço-qualidade para paredes exteriores; para paredes divisórias a solução AD7 com  $R_w=57$  dB (reboco 15mm + alvenaria 70mm + lâ sintética de alta densidade (80) + alvenaria 70mm + reboco 15mm), apresentou-se como a mais cara, mas, em contrapartida, com uma espessura abaixo da média, sendo apresentada como a segunda melhor relação preço-qualidade.
- Apenas paredes com área de envidraçado inferiores a 50% da área total podem ser utilizadas em zonas mistas, considerando paredes com uma área total de  $10m^2$ , janelas de vidro simples de 4mm e ignorando as transmissões marginais as soluções em parede duplas apresentadas.
- Quando o material absorvente preenche a caixa-de-ar, o isolamento a ruído aéreo é aumentado por diminuição do efeito de ressonância (em comparação com soluções semelhantes sem material absorvente sonoro na caixa de ar).

Relativamente às paredes dupla mistas o autor conclui o seguinte:

- As soluções MD 1 (reboco 20mm + alvenaria 110 + reboco 20mm + aglomerado negro de cortiça (30) + placa de gesso 13mm), MD.3 (reboco 10mm + alvenaria 150 + fibras de lâ de rocha aglutinadas com resina sintética termo-endurecida (40) + caixa de ar (40) + gesso cartonado 13mm), e MD.9 (reboco 10mm + alvenaria 70mm + lâ de vidro (40) + gesso cartonado 10) não podem ser aplicadas nas paredes divisórias por não cumprirem o mínimo regulamentar de  $D_{n,w} = 50$  dB.
- A solução MD 8 (reboco 10mm + alvenaria 70mm + lâ de vidro (40) + gesso cartonado 15), devido à sua espessura inferior à média, aliada a um custo também inferior ao custo médio total, é apresentada na primeira posição no que diz respeito à relação preço-qualidade das paredes duplas mistas (apesar de não ser a que tem um maior valor de  $R_w$ ).

Relativamente às paredes de tabique o autor conclui o seguinte:

- Apresenta elevado isolamento, apesar de ter relativamente pouca massa e possui uma menor espessura comparado com o isolamento das paredes simples em alvenaria tradicional.
- Na alvenaria tradicional devido à constituição das soluções e da sua maior massa, são controladas pela lei da massa. Nas paredes em tabique, as soluções tiram partido do efeito massa- mola-massa.
- As paredes em tabiques podem ser usadas em paredes divisórias (entre diferentes fogos) e em paredes não divisórias (paredes interiores de um fogo ou paredes exteriores).
- Nas paredes em tabique aplicadas no exterior é necessário ter em consideração a segurança, normalmente são aplicados perfis não metálicos antivandalismo.
- Nas soluções para paredes não divisórias a solução TDI.4 (13mm + caixa de ar 35mm + fibras lã rocha aglutinadas com resina sintética termo-endurecida (40) + caixa de ar 35mm + 13), com caixa-de-ar parcialmente preenchida, foi a melhor classificada em termos da relação preço-qualidade, apresentando também o maior índice de isolamento das soluções apresentadas. Após comparação desta solução com soluções de constituição similar, mas sem caixa de ar livre, concluiu-se ainda que a existência de caixa-de-ar parcialmente preenchida permite um maior isolamento, em comparação com as soluções em que a caixa-de-ar é totalmente preenchida.
- Para tabiques aplicáveis como paredes divisórias, a solução melhor classificada em termos de preço-qualidade, foi uma solução com caixa-de-ar parcialmente preenchida TDD8 (2x13 + caixa ar (50) + lã de rocha (40) +2x13).
- Neste trabalho é classificada em primeiro lugar uma solução em parede dupla mista (MD.8). No entanto, as soluções em tabique, de um modo geral, apresentaram a melhor relação preço-qualidade. Estas soluções são apresentadas como as soluções mais caras, no entanto apresentam maiores isolamentos aliados a menores espessuras o que é uma mais-valia em termos de ganho em área útil.

Nas soluções técnicas para isolamento a ruído de percussão, foram apresentadas as seguintes conclusões:

- A solução com melhores resultados foi a PF.11 (lã de vidro (15) + lamina de polietileno (0,2) + laje flutuante 40 + revestimento) com um valor de  $L_w$  muito

superior ao da média (cerca de 34 dB), aliado a um custo e a uma espessura abaixo da média, permitiu classificar esta solução na primeira posição em termos de preço-qualidade.

- Foram as soluções de revestimento flutuante sobre lãs minerais aliadas a uma lâmina de polietileno que apresentaram melhores classificações em termos da relação preço-qualidade.
- Nas soluções de revestimento apresentadas aplicadas em lajes aligeiradas, foi a solução PA.3 (laje fungiforme aligeirada com argila expandida + LECA (100) + betonilha + cortiça) a que se classificou em primeiro lugar em termos da relação preço-qualidade, apresentando também um índice  $L_w$  elevado (cerca de 35 dB).

Em [Alves 2008] apresenta-se um estudo da qualidade acústica de cinco auditórios da Universidade de Aveiro: auditório do departamento matemática; auditório do complexo pedagógico; auditório do edifício 3; auditório do C.E.F.A.S.I. e auditório da reitoria. Neste estudo recorreu-se à análise de parâmetros mensuráveis e objetivos (T60; T30, EDT, D50 e C80) obtidos por modelação e “in situ”.

Nesta dissertação, foi concluído que deve ser melhorada a qualidade acústica do auditório do departamento de matemática; do auditório do complexo pedagógico; do auditório do Edifício 3 e do auditório do C.E.F.A.S.I. No auditório da reitoria foi verificado que os tempos de reverberação obtidos estavam no intervalo de referência.

Nesta dissertação são apresentadas algumas soluções para a reabilitação dos auditórios a necessitar de melhorias:

- No auditórios do departamento de matemática e no auditório do complexo pedagógico conclui-se que é necessário diminuir o tempo de reverberação e aumentar as reflexões úteis colocando materiais com maior capacidade de absorção, é proposto a alteração das cadeiras para cadeiras revestidas com materiais com capacidade de absorção média diminuindo os tempos de reverberação e proporcionando mais conforto aos utilizadores destes espaços ou revestir as paredes com materiais com maior capacidade de absorção. No caso do auditório do departamento de matemática, a solução mais económica proposta consiste em alterar a alcatifa mural para uma mais grossa.
- No auditórios do edifício 3 e no auditório do C.E.F.A.S.I. conclui-se que é necessário aumentar o tempo de reverberação, com a remoção de alguns materiais

absorventes, tal como a alcatifa mural. No caso do auditório do edifício 3 é sugerido a remoção da alcatifa mural na zona do palco para tornar as paredes junto ao palco elementos refletoras aumentando as reflexões úteis, dado ao facto de o auditório ser pequeno. No auditório do C.E.F.A.S.I. sugere-se remoção da alcatifa mural e rebocar a parede para garantir o aumento do tempo de reverberação.

Em [Reboredo 2008] é avaliado o comportamento acústico de 3 salas de refeição da Universidade de Aveiro: o refeitório de santiago, o refeitório de crasto e restaurante do complexo do crasto. Neste estudo foram analisados o tempo de reverberação, o isolamento sonoro a sons aéreos, o isolamento sonoro a sons de percussão e o nível de pressão sonora contínuo.

Os resultados apresentados para o tempo de reverberação foram obtidos através de método teórico (fórmula de sabine) e através de medições *in situ*. Neste trabalho conclui-se que existe uma grande dificuldade na obtenção dos coeficientes de absorção de determinados materiais ou elementos construtivos, sobretudo nas salas de construção mais recentes (Refeitório e Restaurante do Complexo do Crasto), por consequência os valores teóricos nem sempre foram próximos da realidade, para correção do tempo de reverberação o autor apresenta um estudo teórico (formula de sabine) considerando a aplicação de um teto suspenso de painéis metálicos com 25% de área perfurada confinando camada de ar preenchida com lã de vidro para aumentar a área de absorção e diminuir o tempo de reverberação. Relativamente ao isolamento a sons aéreos e ao isolamento a sons de percussão é avaliado a laje, *in situ*, que separa o refeitório e o restaurante Crasto, o resultado obtido para o isolamento a sons aéreos ( $D_{nt}$ ) é considerado aceitável, quanto ao isolamento a sons de percussão ( $L'_{nT}$ ) conclui-se que deveriam ser efetuadas algumas correções no qual é sugerido promover o isolamento à vibração entre a fonte e a estrutura, através da aplicação de uma tela resiliente na laje do piso. O isolamento a sons de fachada, *in situ*, ( $D_{2m,nt}$ ) encontram-se dentro dos limites regulamentares para o refeitório e restaurante Crasto.

No estudo do  $L_{Aeq}$  entre os refeitórios Crasto e Santiago, no período de almoço verificou-se que o refeitório Crasto apesar de receber menos pessoas produz maior ruído durante o seu funcionamento, concluindo-se que o ruído não está apenas relacionado com a quantidade de pessoas que frequentam os espaços, mas também com fatores que potenciam níveis de ruído maiores.



### 3. ACÚSTICA

Neste capítulo são apresentados definições e conceitos e apresentados os equipamentos usados nos diversos ensaios. Descreve os métodos de ensaio para verificação dos requisitos acústicos apresentados no RRAE aprovado pelo Decreto-Lei nº129/2002 de 11 de Maio com a redação que lhe foi dada pelo Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de Junho [RRAE 2008]. Descreve também os métodos para verificação dos limites impostos pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro [RGR 2007]. São também apresentadas as equações de cálculo e o método de cálculo de incertezas de cada ensaio.

#### 3.1. Equipamentos

Nesta seção são descritos os tipos de equipamentos usados nos diversos ensaios. Na escolha dos equipamentos a adquirir para um laboratório deve-se ter em consideração os requisitos das normas de ensaio, por exemplo a precisão. São definidos alguns critérios para o controlo metrológico dos equipamentos.

Na Tabela 1 resumem-se os equipamentos necessários a cada ensaio.

Tabela 1. Equipamentos a usar em cada ensaio

Ensaio	Equipamento
Isolamento a sons aéreos (de fachada e entre compartimentos)	Sonómetro do tipo 1 e respetivo calibrador Fonte sonora
Isolamento a sons de percussão	Sonómetro do tipo 1 e respetivo calibrador Fonte sonora Máquina de percussão
Tempo de reverberação	Sonómetro do tipo 1 e respetivo calibrador Fonte sonora Termohigrómetro (se aplicável)
Nível de avaliação	Sonómetro do tipo 1 e respetivo calibrador Fonte sonora
Nível sonoro de longa duração e critério de incomodidade	Sonómetro do tipo 1 e respetivo calibrador Anemómetro Termohigrómetro

### 3.1.1. Definições

O Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM) [IPQ 2008] contém designações e definições relacionados com a metrologia. Aqui apresentam-se algumas destas definições.

**Calibração:** Conjunto de operações que estabelecem, em condições especificadas, a relação entre os valores da grandeza com incertezas de medição provenientes de padrões e as indicações correspondentes com incertezas de medição associadas.

**Erro:** diferença algébrica entre o resultado da medição (valor medido) e o valor de referência do objeto de medida, etc., relativos ao instrumento de medição.

**Erro Máximo Admissível (EMA):** Valor extremo de um erro de medição admitido pelas especificações regulamentares, relativos a um dado instrumento de medição, em relação a um valor de referência conhecido que é admissível.

**Incerteza de medição:** parâmetro associado ao resultado de medição que caracteriza a dispersão de valores que podem ser razoavelmente atribuídos à mensuranda.

**Incerteza padrão:** incerteza de medição expressa sob a forma de um desvio-padrão.

**Incerteza combinada:** incerteza-padrão que é obtida a partir das incertezas-padrão individuais associadas às grandezas de entrada.

**Verificação** (na metrologia legal): procedimento (que não a aprovação de modelo) que inclui uma análise e emissão de um certificado de verificação e que confirma se o instrumento de medição satisfaz os requisitos regulamentares.

### 3.1.2. Controlo metrológico

O sonómetro, o calibrador acústico, a máquina de percussão, o termohigrómetro e o anemómetro, são equipamentos que necessitam de realizar calibrações, sendo necessário definir critérios de periodicidades e de aceitação de acordo com o tipo de equipamento e/ou sua utilização do equipamento.

O sonómetro além das calibrações (Calibração do sonómetro em simultâneo com a verificação metrológica e Calibração dos Filtros de um terço de oitavas) a realizar tem uma verificação anual obrigatória. O sonómetro e o calibrador são calibrados juntamente não podendo ser separados.

Todos os equipamentos antes de entrarem em uso têm de ser calibrados e/ou verificados.

A periodicidade de calibrações e verificações estão sujeitos a revisões quando necessário, de forma a assegurar a conformidade permanente do equipamento, por exemplo, sempre que um equipamento é reparado pode ser necessário realizar uma calibração e/ou verificação.

A calibração pode ser ajustada de acordo com o histórico do equipamento, isto é, se o certificado de calibração demonstrar que o equipamento está estável pode-se aumentar a periodicidade de calibração ou diminuir a periodicidade de calibração se o equipamento estiver a aproximar-se do critério de aceitação estipulado para o uso do equipamento.

O critério de aceitação dos certificados de calibração é a soma em módulo do erro mais a incerteza. Esta soma tem que ser inferior ou igual ao EMA para que o certificado de calibração seja aceite.

Caso um certificado de calibração e/ou verificação não seja aceite o equipamento tem de ficar fora de serviço e têm de se desencadear ações corretivas.

Todas as calibrações e verificações têm de ser realizadas por um laboratório acreditado.

### 3.1.3. Sonómetro

A exatidão dos sonómetros a utilizar pelos laboratórios é de classe 1 e homologado.

Na Figura 1 apresenta-se um exemplo de um conjunto de sonómetro, calibrador, tripé, proteção-vento para microfone e mala protetora. Este sonómetro funciona como sonómetro integrador. É um analisador espectral em tempo real por bandas de oitavas e terços de oitava com filtros.



Figura 1. Conjunto de sonómetro de classe 1 [CESVAb]

#### 3.1.4. Acessórios para sonómetros

Quando se pretende efetuar medições sem pessoas presentes no compartimento, como por exemplo nas medições de equipamentos coletivos de edifícios ou quando se pretende medir o critério de incomodidade no interior dos edifícios é utilizado um cabo de extensão (Figura 2) para pré-amplificador e microfone. Em que o conjunto pré-amplificador mais o microfone é separado e é aplicado a cabo de extensão.



Figura 2. Cabo de extensão [CESVAb]

Quando se pretende medir, por exemplo a 2 metros, de uma fachada, juntamente com o cabo extensível é usada uma vareta extensível (Figura 3).



Figura 3. Vareta extensível [CESVAb]

### 3.1.5. Máquina de percussão

A máquina de percussão (Figura 4) consiste numa máquina de impactos normalizada desenhada para gerar um ruído de impacto normalizado para a medição do isolamento acústico dos pavimentos ao ruído de impacto. Esta máquina é constituída por 5 martelos alinhados cada um deles com um peso de 500 g que caem livremente de uma distância de 40 mm, o tempo médio entre impactos é de 100 ms.



Figura 4. Exemplo de uma máquina de percussão (martelos) [CESVAb]

### 3.1.6. Fonte sonora

A fonte sonora (Figura 5) é um conjunto formado pelo altifalante e pelo amplificador/gerador de ruído.

O gerador de ruído é um conjunto formado por um gerador de ruído Rosa e Branco e um amplificador de potência.

O altifalante é um conjunto de 12 altifalantes, montados num *baffle* dodecaédrico que assegura uma emissão omnidirecional do ruído reproduzido. Isto permite emitir por igual em todas as direções do espaço em estudo, cumprindo os requisitos de diretividade estabelecidos nas normas ISO 140 e ISO 3382.



Figura 5. Exemplo de um conjunto de fonte sonora [CESVAb]

Apesar da fonte sonora não estar sujeita a calibrações existem algumas verificações que os laboratórios podem fazer internamente.

A norma [ISO 140-5] estabelece o seguinte procedimentos para Produção de campo sonoro:

O campo sonoro estabelecido deve ser estacionário e apresentar um espectro contínuo na gama de frequências considerada.

Quando as medições são realizadas nas bandas de um terço de oitavas usam-se as bandas de frequências centrais de 50 Hz a 5000 Hz. Quando as medições são realizadas em bandas de oitavas usa-se as bandas de frequências centrais de 63 Hz a 4000 Hz.

As diferenças entre o nível de potência sonora em bandas de terço de oitavas pertencentes a uma determinada banda de oitava não dever ser superiores a:

- 6 dB na banda de oitava de 125 Hz,
- 5 dB na banda de oitava de 250 Hz,
- 4 dB nas bandas de frequência mais altas.

Em todas as bandas de frequência relevantes, o nível de potência sonora da fonte deve ser suficientemente elevado de forma a estabelecer um nível de pressão sonora no local recetor que exceda o nível de ruído de fundo em 6 dB.

A norma [ISO 140-4] define um procedimento de ensaio para altifalante com diretividade:

Mede-se os níveis de pressão sonora, estabelecidos na sua envolvente, a uma distância de cerca de 1,5m em situação de campo livre. A fonte deve ser comandada com um sinal de ruído e as medições efetuadas por bandas de terço de oitavas.

Deve-se medir a diferença de nível entre o valor médio da energia sonora radiada para o ângulo de 360° (L360) e os valores médios associados a todos os arcos de 30° (L30i.)

O índice de diretividade para o segmento i é dado por:  $D_{Li} = L_{360} - L_{30i}$ .

Radiação omnidirecional se os valores se situarem dentro dos limites de:

- $\pm 2$  dB na gama de frequências de 100 Hz a 630 Hz.
- $\pm 8$  dB para as frequências centrais entre os 1000 Hz a 5000 Hz.

Este ensaio deve ser realizado em planos diferentes de forma a garantir a obtenção da situação mais desfavorável.

### 3.1.7. Anemómetro e Termohigrómetro

Para alguns ensaios é necessário medir a velocidade do vento através de um anemómetro e a temperatura e a humidade relativa através de um termohigrómetro. Existem no mercado vários modelos para medição destes parâmetros, na escolha dos modelos terá de se ter em atenção a finalidade de forma a escolher a precisão necessária. Na Figura 6 apresenta-se um exemplo de modelo de um equipamento com termohigrómetro e anemómetro com várias funcionalidades de funcionamento. Este modelo funciona com uma sonda telescópica com sensores de velocidade, temperatura e humidade.



Figura 6. Exemplo um termohigrómetro e anemómetro [Alvo Acústico]

### 3.2. Acústica de edifícios

O Decreto-Lei 96/2008 [RRAE 2008] estabelece os requisitos mínimos, com o objetivo de melhorar a qualidade acústica e aplica-se à construção, reconstrução, ampliação ou alteração dos seguintes edifícios:

- Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras;
- Edifícios comerciais e de serviços e partes similares em edifícios industriais;
- Edifícios escolares e similares, e de investigação;
- Edifícios hospitalares similares;
- Recintos desportivos;
- Estações de transporte de passageiros e
- Auditórios e salas.

Este Decreto-Lei em função dos usos a que os edifícios se destinam define quais os parâmetros a cumprir e quais os compartimentos com requisitos acústicos.

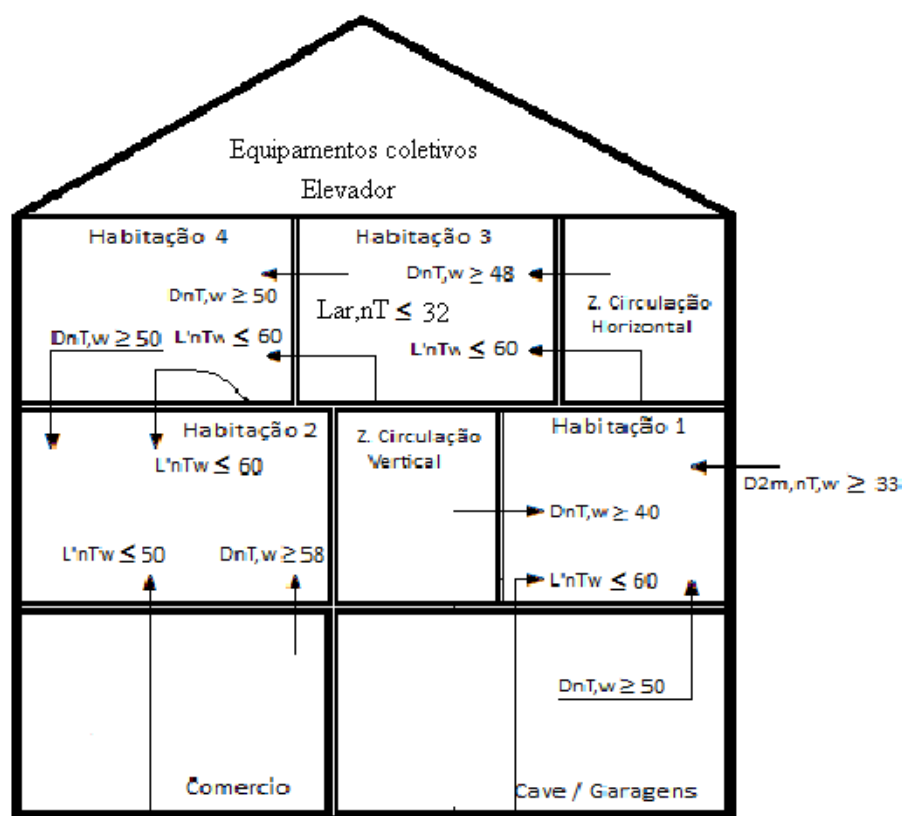


Figura 7. Ensaios num edifício misto (exemplo) Adaptado de [Engacustica]



A Figura 7 exemplifica alguns ensaios a realizar num edifício misto, com elevador, mostrando alguns limites regulamentares que o edifício tem de cumprir. Nas habitações o local recetor será sempre um quarto ou uma zona de estar. Caso uma loja se transforme em restauração ou em escritório com mais de  $100\text{m}^3$  terá de cumprir com um limite mínimo de isolamento sonoro a sons de condução aérea da fachada e terá de cumprir com o limite para o tempo de reverberação.

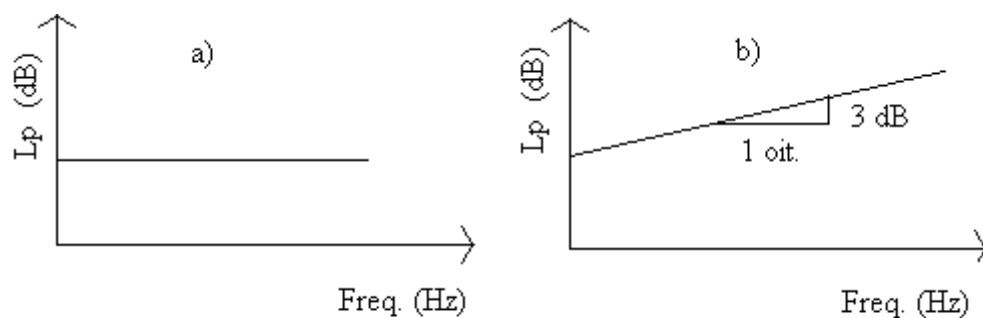
Assim, este subcapítulo descreve os métodos de ensaio e cálculo para verificação do RRAE.

Para que o n.º de ensaios a realizar num edifício seja representativo o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) emitiu um documento que define os critérios de amostragem para os diferentes tipos de edifícios [LNEC 2012]. Neste documento prevê que o processo de avaliação acústica seja instruído com um Parecer Técnico subscrito por técnico qualificado nos termos do n.º 2 do artigo 3º do já citado Decreto-Lei no qual sejam apreciados os critérios de amostragem seguidos e a conformidade regulamentar, sendo acompanhado dos respetivos resultados de ensaio. O n.º de ensaio a realizar num edifício será da responsabilidade do técnico que emitirá o parecer técnico.

### 3.2.1. Definições

Em [Patrício 2005] é definido o ruído rosa e branco como sendo:

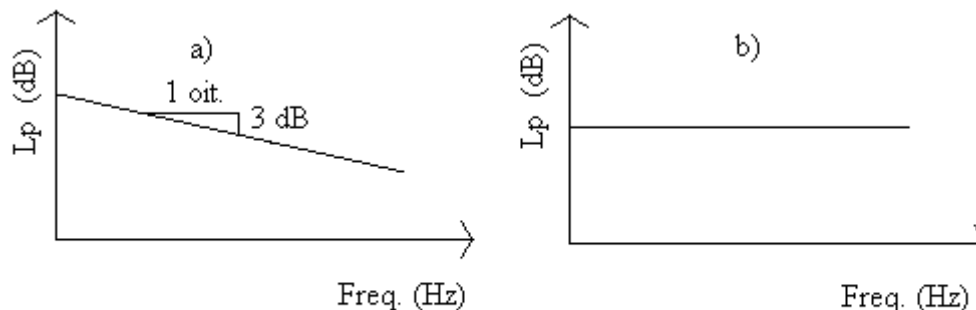
**Ruído branco:** é definido por um espectro com valor de nível de pressão sonora (ou com valor absoluto dessa mesma pressão) constante do domínio da frequência. Se a escala a utilizar for logarítmica o valor de pressão sonora quando integrados, crescerá de 3 dB entre frequências que definam uma oitava entre si. A Figura 8 demonstra este conceito.



a) Abscissas em escala linear; b) Abscissas em escala logarítmica

Figura 8. Modelo de ruído branco [Patrício 2005]

**Ruído rosa:** é definido por um espectro em que o valor do nível de pressão sonora decresce de 3 dB para frequências que definam entre si um intervalo de uma oitava. Se a escala a utilizar for logarítmica o valor de pressão sonora quando integrados, Manter-se-á constante. A Figura 9 ilustra este conceito.



a) Abcissas em escala linear; b) Abcissas em escala logarítmica

Figura 9. Modelo de ruído rosa [Patrício 2005]

A [ISO 3382-2] define tempo de reverberação.

**Tempo de reverberação:** intervalo de tempo necessário para que o nível de pressão sonora, após ter sido interrompida a emissão, decresça de 60 dB.

### 3.2.2. Isolamento sonoro a sons de condução aéreo de fachadas

#### 3.2.2.1. Documentos Aplicáveis

NP EN ISO 140-5: Medição do Isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 5 - Medição in situ do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e de elementos de fachadas [ISO 140-5].

NP EN ISO 717-1: Acústica. Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 1 - Isolamento sonoro a sons de condução aérea [ISO 717-1].

ISO 3382-2: *Measurement of room acoustic parameters. Part 2 - Reverberation time in ordinary rooms* [ISO 3382-2].

Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios. Avaliação acústica / critérios de amostragem [LNEC 2012].

Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios aprovado pelo Decreto-Lei nº129/2002 de 11 de Maio com a redação que lhe foi dada pelo Decreto-Lei 96/2008 de 9 de Junho [RRAE 2008].

#### **3.2.2.2. Método global com altifalante**

##### **Generalidades**

Para medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachada “in situ” a norma NP ISO 140-5 [ISO 140-5] descreve dois grupos de métodos, os métodos de elementos e os métodos globais.

O mais utilizado pelos laboratórios é método global com altifalante, este método tem uma reprodutibilidade de 2 dB e permite quantificar o isolamento a sons aéreos de uma fachada sem ter de se utilizar a fonte de ruído real o que se torna bastante prático. O resultado deste ensaio não pode ser comparado com as medições realizadas em laboratório.

Todas as medições são efetuadas em terços de oitavas. Deve-se deixar estabilizar a fonte sonora antes de iniciar as medições durante aproximadamente 5 segundos.

##### **Medição do ruído de fundo**

A medição dos níveis de ruído de fundo serve para assegurar que os resultados obtidos não são afetados por ruído perturbador (ruídos exteriores ao local de ensaio, ruído elétrico do equipamento de medição ou interferências elétricas de comunicação entre a fonte e os sistemas de medição).

O nível de ruído de fundo deve estar, pelo menos, 6 dB (e de preferência mais do que 10 dB) abaixo do nível do sinal de ensaio e do ruído de fundo combinado (caso não se verifique esta condição é feita a correção do ruído de fundo).

A medição do ruído de fundo no local recetor pode ser feita no mínimo em 5 posições com uma duração de pelo menos 8 segundos.

##### **Medição do TR**

As medições são feitas em bandas de terços de oitava de acordo com a norma ISO 3382-2 [ISO 3382-2], o método está descrito na secção 3.2.5.

### Posição do Altifalante

Coloca-se o altifalante numa ou mais posições, fora do edifício, a uma distância ( $r$ ) da fachada de pelo menos 7 m ( $d > 5$  m) e com ângulo de incidência das ondas sonoras igual a  $45 \pm 5^\circ$  (Figura 10).

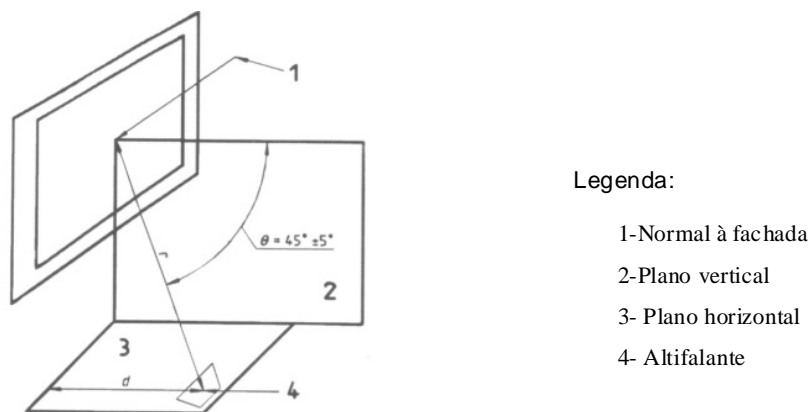


Figura 10. Esquema da posição do altifalante no exterior [ISO 140-5]

Em fachadas com uma amplitude inferior a 8 m é suficiente medir com uma posição da fonte sonora, em fachadas com uma amplitude superior ou igual a 8 m deve-se usar mais do que uma posição da fonte sonora.

No caso de o local recetor ter mais do que uma parede exterior (com orientações diferentes), o número de posições da fonte sonora deve ser igual ao número de paredes exteriores, o índice de isolamento sonoro calcula-se para cada orientação [Patrício 2008].

### Medições no local recetor

Mede-se no mínimo em 5 posições do microfone para cada posição da fonte sonora, para cada posição do microfone efetua-se medições de 8s. As posições do microfone no interior do local recetor devem ser distribuídas uniformemente. Os afastamentos mínimos são: 0,7 m entre posições de microfone, 0,5 m entre uma posição do microfone e os limites do compartimento ou de elementos difusos e 1,2 m a 1,5 m do solo (do pavimento em análise) na colocação do microfone do sonómetro.

O ruído emitido pela fonte sonora no exterior é do tipo Branco (“white”).

### Medições de frente da fachada

O ruído emitido é medido a 2 m da fachada, efetuando 3 medições por cada posição da fonte sonora de pelo menos 8 s.

O ruído emitido pela fonte sonora no exterior é do tipo Branco (“white”).

A altura do microfone deve ser de 1,5 m acima da cota do pavimento do local recetor.

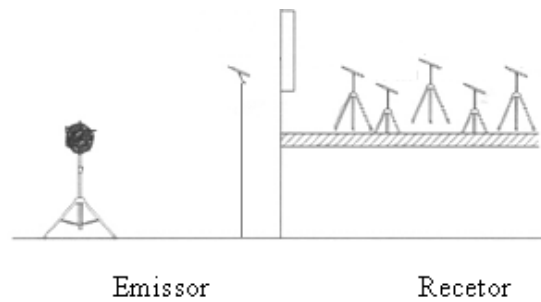


Figura 11. Esquema de medição adaptado de [CESVAa]

A medição do ruído emitido no exterior deve ser efetuado com as janelas fechadas, para que as condições sejam as mesmas em que se realizou as medições no local recetor, caso necessário, deve-se realizar as medições, a partir do exterior com uma vareta com altura suficiente para medir a 1,5 metros do pavimento de referência (Figura 11).

### Cálculo do índice

O Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, é dado pela equação (1).

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \times \log\left(\frac{T}{T_0}\right) \text{ dB} \quad (1)$$

A curva de referência para determinar o índice de isolamento é referida na norma [ISO 717-1].

### Correções relativas ao ruído de fundo

Quando o ruído de fundo não está 10 dB abaixo do nível do sinal de ensaio devem ser calculadas as correções do ruído de fundo.

Se a diferença entre os níveis for menor que 10 dB mas superior a 6 dB a correção do nível do sinal é efetuado de acordo a equação (2).

$$L = 10 \log\left(10^{\frac{L_{sb}}{10}} - 10^{\frac{L_b}{10}}\right) \text{ dB} \quad (2)$$

Se a diferença dos níveis for menor ou igual a 6dB em qualquer banda de frequência deve-se usar a correção de 1,3 dB.

### Termo de adaptação, C e $C_{tr}$

Quando a área translúcida for superior a 60 % do elemento de fachada em análise, deve ser adicionado ao índice  $D_{2m,nT,w}$  o termo de adaptação apropriado, C ou  $C_{tr}$  [RRAE 2008], conforme o tipo de ruído dominante na emissão (Tabela 2), mantendo-se os limites definidos no RRAE.

Tabela 2. Termos de adaptação [ISO 717-1] e [Patrício 2007]

<b>Tipo de fonte de ruído</b>	<b>A usar</b>
Atividades humanas/ diárias (conversação, musica, rádio, TV) Crianças a brincar Tráfego ferroviário a velocidade média e alta Tráfego rodoviário ( $v < 80$ km/h) Aviões de jacto de curta distância Fabricas que emitam ruído em médias e altas frequência	C
Tráfego urbano Aviões Junto de estações de comboios Aviões de jacto de longa distância Música de discoteca Fabricas que emitam ruído em baixas e médias frequência	$C_{tr}$

### Cálculo do C, $C_{tr}$

Na Tabela 3 apresentam-se os espectros para cálculo dos termos de adaptação (C e  $C_{tr}$ ).

Tabela 3. Espectro para cálculo dos termos de adaptação [ISO 717-1]

<b>Frequência [Hz]</b>	<b>Espectro n.º 1 para cálculo do C</b>	<b>Espectro n.º 2 para cálculo do <math>C_{tr}</math></b>
100	-29	-20
125	-26	-20
160	-23	-18
200	-21	-16
250	-19	-15
315	-17	-14
400	-15	-13
500	-13	-12
630	-12	-11
800	-11	-9
1000	-10	-8
1250	-9	-9
1600	-9	-10
2000	-9	-11
2500	-9	-13
3150	-9	-15

### 3.2.3. Sons aéreos

#### 3.2.3.1. Documentos Aplicáveis

NP EN ISO 140-4: Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 4 - Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos [ISO 140-4].

ISO 140-14: *Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 14 - Guidelines for special situations in the field* [ISO 140-14].

NP EN ISO 717-1: Acústica. Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 1 - Isolamento sonoro a sons de condução aérea [ISO 717-1].

ISO 3382-2: *Measurement of room acoustic parameters. Part 2- Reverberation time in ordinary rooms* [ISO 3382-2].

Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios. Avaliação acústica / critérios de amostragem. [LNEC 2012]

Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios aprovado pelo Decreto-Lei nº129/2002 de 11 de Maio com a redação que lhe foi dada pelo Decreto-Lei 96/2008 de 9 de Junho [RRAE 2008].

#### 3.2.3.2. Método de ensaio

##### Generalidades

O método de ensaio (“*in situ*”) segue as orientações da norma NP EN ISO 140-4 [ISO 140-4].

Todas as medições são efetuadas em terços de oitavas. Deve-se deixar estabilizar a fonte sonora antes de iniciar as medições durante aproximadamente 5 segundos.

##### Medição do ruído de fundo

Para a medição do ruído de fundo é utilizado o mesmo método descrito para a medição do isolamento sonoro a sons de condução aéreo de fachadas no método global com altifalante (secção 3.2.2.2).

### **Medição do TR**

As medições são feitas em bandas de terços de oitava de acordo com a norma ISO 3382-2 [ISO 3382-2], o método está descrito na secção 3.2.5.

### **Escolha do local recetor e emissor**

As medições a realizar entre compartimentos com os mesmos requisitos acústicos que se encontrem no mesmo piso e com volumetria igual, qualquer um deles pode ser recetor ou emissor, se os compartimentos forem com volumetrias diferentes, escolhe-se o maior como emissor e o menor como recetor, se um dos compartimentos apresentar uma geometria regular com um volume bem definido e o outro compartimento apresentar uma geometria mais complexa, o compartimento bem definido será o compartimento recetor.

### **Número de posições do microfone e da fonte**

Utilizam-se 5 posições fixas distribuídas uniformemente ao longo de todo o espaço útil em cada compartimento, cumprido com as distâncias mínimas de separação entre posições dos microfones. Os afastamentos mínimos do microfone são: 0,7 m entre posições de microfone, 0,5 m entre uma posição do microfone e os limites do compartimento ou de elementos difusos, 1,0 m entre uma posição do microfone e a fonte sonora e 1,2 m a 1,5 m do solo (do pavimento em análise) na colocação do microfone do sonómetro.

O ensaio é realizado com a fonte sonora em 2 posições. Posiciona-se a fonte de forma a criar um campo sonoro o mais difuso possível, e a uma certa distância do elemento separador e dos elementos marginais que influenciem a transmissão sonora, para que a radiação sonora entre estes elementos não seja predominante. A distância entre duas posições do altifalante deve ser de pelo menos 0,7m, para um mínimo de duas posições a distância não deve ser inferior a 1,4m, a distância entre os limites do compartimento e o centro geométrico da fonte sonora não deve ser inferior a 0,5m.

O número mínimo de medições é de 10, em cada posição do altifalante mede-se em 5 posições do microfone.

O ruído emitido pela fonte sonora no interior do local emissor é do tipo Rosa (“*Pink*”).

Na Figura 12 pode-se visualizar um esquema de medição.



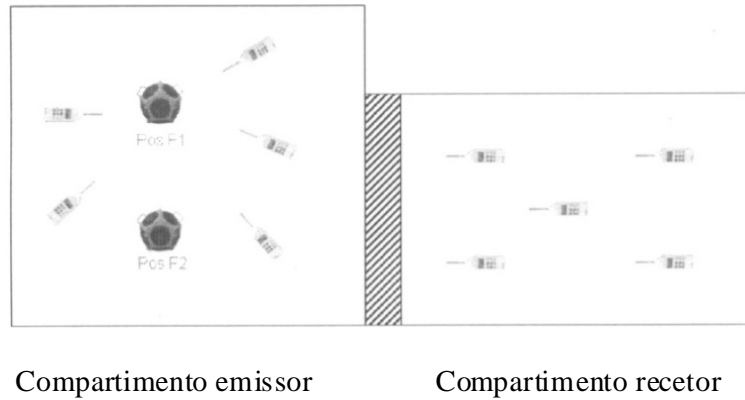


Figura 12. Esquema de medição [CESVAa]

### Medições no local recetor

Utilizar um tempo aproximado de pelo menos 6s para cada posição individual do microfone.

A potência sonora da fonte deve ser suficiente, para que o nível de pressão sonora no compartimento recetor seja, no mínimo, 10 dB mais elevado que o nível de ruído de fundo em qualquer banda de frequência.

### Medições no local emissor

Mede-se o ruído emitido em 5 posições diferentes para cada posição da fonte sonora cumprindo os afastamentos mínimos do microfone de 0,7 m entre microfones, 0,5 m entre uma posição do microfone e os limites do compartimento ou de elementos difusos, 1,0 m entre uma posição do microfone e a fonte sonora e 1,2 m a 1,5 m do solo (do pavimento em análise).

Em cada posição efetua-se uma medição de 6 s.

### Cálculo

O Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, é dado pela equação (3):

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \times \log \left( \frac{T}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (3)$$

A curva de referência para determinar o índice de isolamento é referida na norma [ISO 717-1].

### Correções relativas ao ruído de fundo

Para a correção do ruído de fundo é utilizado o mesmo método descrito para a medição do Isolamento sonoro a sons de condução aéreo de fachadas no método global com altifalante, secção 3.2.2.2.

### Situações especiais

A norma [ISO 140-14] contém orientações para situações especiais que não estão cobertas pela norma [ISO 140-4], são casos em que se pode produzir uma diminuição importante do nível de pressão sonora de 10 dB a 20 dB, de uma extremidade à outra do compartimento. Aplica-se a compartimentos com área superior a 50 m<sup>2</sup> e inferiores a 250 m<sup>2</sup>.

A Tabela 4 indica-nos o número recomendado das posições do microfone e da fonte sonora

Tabela 4. N.º de posições da fonte sonora e do microfone

Tipo de medição	Área do compartimento m <sup>2</sup>	N.º de posições	
		Fonte sonora	Microfone
A	<50	2	5 (10)
B	50 a 100	2	10 (10)
C	>100	3	15 (15)

Nota - os números entre parênteses indicam o número total de medições do nível de pressão sonora a realizar no compartimento.

No tipo de medição A são utilizadas as orientações da norma [ISO 140-4]. Nas Medições do tipo B, não é conveniente utilizar as mesmas 5 posições do microfone para a posição n.º 1 e n.º 2 da fonte sonora, assim na posição n.º 1 da fonte sonora realizam-se 5 medições em 5 posições distintas do microfone e para a posição n.º 2 da fonte sonora realizam-se 5 medições em novas posições de microfone. Se a área for superior a 100 m<sup>2</sup> é recomendável usar 3 posições da fonte sonora e 15 posições de microfone.

Nas medições realizadas em compartimentos que se encontrem no mesmo piso (medições horizontais) deve-se escolher as posições da fonte sonora, o mais próximo possível de ambos os cantos da parede do compartimento emissor oposto à área comum. Por exemplo nos compartimentos emissor com uma área > 50 m<sup>2</sup>, coloca-se a fonte

sonora a uma distância que não exceda o mínimo de 10 m ou 2,5 vezes a largura do compartimento emissor.

Se a transmissão do som for feita principalmente através de uma parede lateral ou de uma fachada lateral, a fonte sonora não deve ser colocada perto destes elementos de construção.

Nas medições verticais deve-se escolher as posições da fonte sonora o mais longe possível dos cantos do compartimento. Se a transmissão do som for feita principalmente através de uma parede lateral ou de uma fachada lateral, a fonte sonora não deve ser colocada perto destes elementos de construção.

Se o compartimento recetor for menor do que o compartimento emissor, colocar a fonte sonora no compartimento emissor próximo da área comum se a área exceder os 50 m<sup>2</sup>.

Na Figura 13 mostra-se dois exemplos de medição.

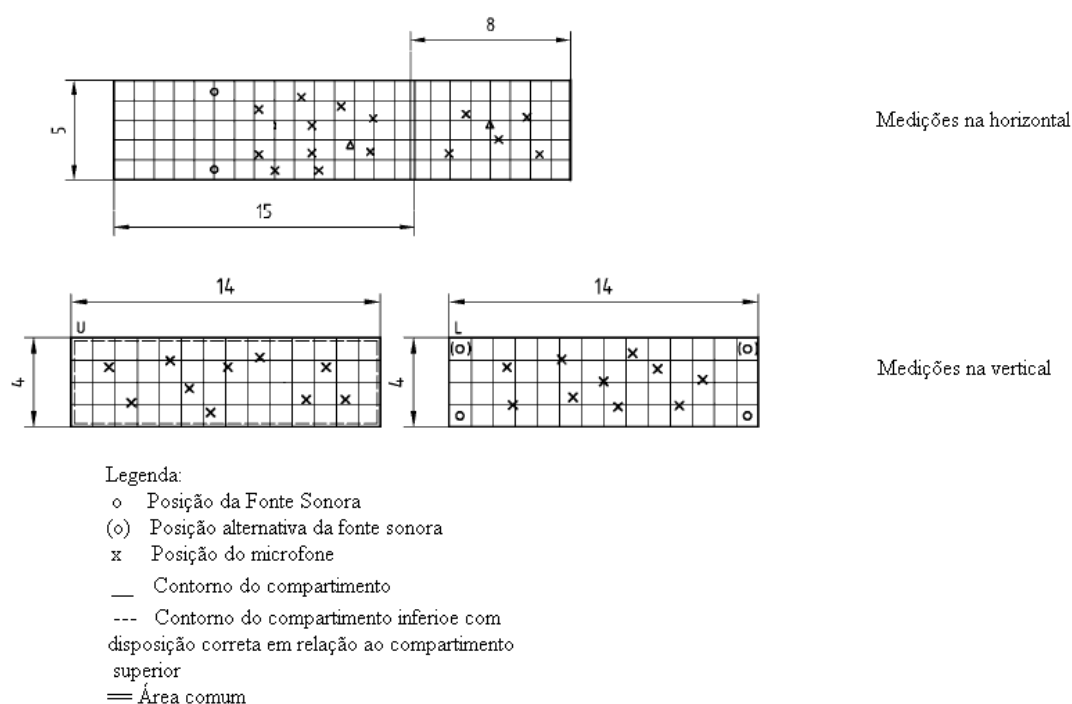


Figura 13. Exemplos de medição [ISO 140-14]

### 3.2.4. Sons percussão

#### 3.2.4.1. Documentos Aplicáveis

NP EN ISO 140-7: Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 7 - Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos [ISO 140-7].

ISO 140-14: *Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 14-Guidelines for special situations in the field* [ISO 140-14].

NP EN ISO 717-2:2009: Acústica. Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 2 - Isolamento sonoro a sons de percussão [ISO 717-2].

ISO 3382-2: *Measurement of room acoustic parameters. Part 2- Reverberation time in ordinary rooms* [ISO 3382-2].

Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios. Avaliação acústica / critérios de amostragem. [LNEC 2012].

Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios aprovado pelo Decreto-Lei nº129/2002 de 11 de Maio com a redação que lhe foi dada pelo Decreto-Lei 96/2008 de 9 de Junho [RRAE 2008].

#### 3.2.4.2. Método de ensaio

##### Generalidades

O método de ensaio (*in situ*) segue as orientações da norma [ISO 140-7].

Todas as medições são efetuadas em terços de oitavas. Deve-se deixar estabilizar a fonte sonora antes de iniciar as medições durante aproximadamente 5 segundos.

##### Medição do ruído de fundo:

Para a medição do ruído de fundo é utilizado o mesmo método descrito para a medição do isolamento sonoro a sons de condução aéreo de fachadas no método global com altifalante (secção 3.2.2.2).

### Medição do TR

As medições são feitas em bandas de terços de oitava de acordo com a norma [ISO 3382-2], o método está descrito na secção 3.2.5.

### Número de posições do microfone e da fonte

Efetua-se a medição dos ruídos de impacto com uma máquina de percussão, colocada pelo menos em 4 posições diferentes e distribuídas de forma aleatória dentro do espaço disponível em cada compartimento (emissor). A distância da máquina de percussão à parede deve ser pelo menos 0,5 m e deve ser colocada de forma a formar um ângulo de 45° das paredes.

Realizam-se 6 medições no local recetor combinando as 4 posições da máquina de percussão com as 4 posições do microfone. Os afastamentos mínimos: 0,7 m entre posições de microfones, 0,5 m entre uma posição do microfone e os limites do compartimento ou de elementos difusos, 1,0 m entre uma posição do microfone e a fonte sonora e 1,2 m a 1,5 m do solo (do pavimento em análise) na colocação do microfone do sonómetro.

Na Figura 14 mostra-se um esquema de medição.

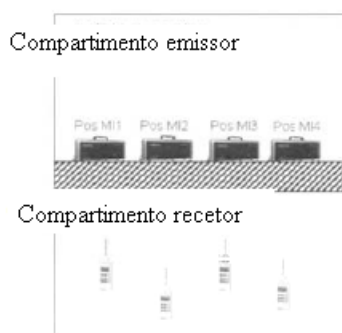


Figura 14. Esquema de medição, adaptado de [CESVAa]

### Medições no local recetor

Utiliza-se um tempo aproximado de pelo menos 6s para cada posição individual do microfone.

A potência sonora da fonte deve ser suficiente, para que o nível de pressão sonora no compartimento recetor seja, no mínimo, 10 dB mais elevado que o nível de ruído de fundo em qualquer banda de frequência.

### **Cálculo**

O Isolamento sonoro a sons de percussão, padronizado, é dado pela equação (4).

$$L'_{nT} = L_i - 10 \times \log\left(\frac{T}{T_0}\right) \text{ dB} \quad (4)$$

Para a determinação do índice de isolamento deve ser consultada a curva de referência da norma [ISO 717-2].

### **Correções relativas ao ruído de fundo**

Para a correção do ruído de fundo é utilizado o mesmo método descrito para a medição do Isolamento sonoro a sons de condução aéreo de fachadas no método global com altifalante, secção 3.2.2.2.

### **Situações especiais**

A norma [ISO 140-14] define metodologias que se devem adotar em situações especiais, por exemplo quando o compartimento de medição tem uma superfície do pavimento muito grande.

O n.º de posições da máquina de percussão e microfone determina-se de acordo com a Tabela 5.

Nas medições efetuadas na vertical em compartimentos alinhados e com a área de pavimento do compartimento emissor inferior ou igual à área do pavimento do compartimento recetor escolhe-se o número das posições da máquina de percussão e o número das posições do microfone diretamente da Tabela 5. Deve-se distribuir as posições da máquina de percussão de modo a cobrir a área total do pavimento.

Também nas medições efetuadas na vertical mas com a área de pavimento do compartimento emissor superior à área do pavimento do compartimento recetor usa-se diretamente a Tabela 5; se a área do pavimento do compartimento emissor for inferior ou igual a 20 m<sup>2</sup>, no caso da área do pavimento do compartimento emissor for superior a 20 m<sup>2</sup>, e a área de absorção for inferior ou igual a 20 m<sup>2</sup>, deve-se colocar a máquina de percussão numa área limitada de 20 m<sup>2</sup>. Distribuir as posições da máquina de percussão de modo a cobrir a área total do pavimento.

Quando as medições são realizadas na horizontal, se a área do pavimento do compartimento emissor for inferior ou igual a 20 m<sup>2</sup>, usa-se diretamente a Tabela 5. Se a área do pavimento do compartimento emissor for superior a 20 m<sup>2</sup>, e a superfície comum for inferior ou igual a 20 m<sup>2</sup>, coloca-se a máquina de percussão numa área limitada de 20 m<sup>2</sup>. O posicionamento da máquina de percussão no compartimento emissor deve ser colocada entre a parede limitadora (comum) e metade do comprimento do recinto emissor. O posicionamento do sonómetro do compartimento recetor é distribuído uniformemente pelo compartimento recetor.

Tabela 5. N.º de posições da máquina de percussão e do microfone [ISO 140-14]

Área do Pavimento	N.º de posições	Área do compartimento recetor			
		≤ 50 m <sup>2</sup>		>50 m <sup>2</sup>	
		Compart. do tipo 1	Compart. do tipo 2	Compart. do tipo 1	Compart. do tipo 2
< 20 m <sup>2</sup>	Máquina de percussão	4	4	4	4
	Microfone	4	4	8	8
20 a 50 m <sup>2</sup>	Máquina de percussão	8	4	8	4
	Microfone	4	4	8	8
> 50 m <sup>2</sup>	Máquina de percussão	8	8	8	8
	Microfone	8	4	8	8

Compartimento do tipo 1: laje de vigotas de madeira, lajes aligeiradas ou lajes de betão contínuas com uma espessura < a 100mm, qualquer tipo de revestimento.

Compartimento do tipo 2: laje de betão ou laje aligeirada com uma espessura ≥ 100 mm, qualquer tipo de revestimento.

Na Figura 15 apresenta-se dois exemplos de medição de ensaios a sons de percussão.

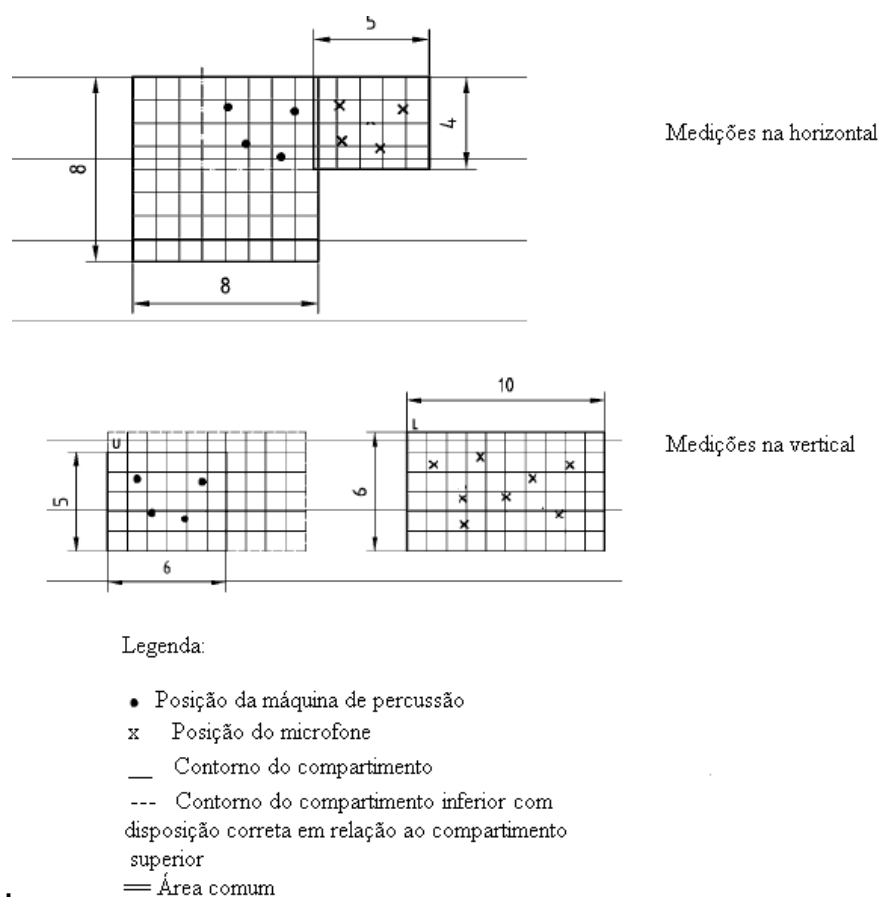


Figura 15. Exemplos de medição [ISO 140-14]

Na Figura 16 apresentam-se as combinações das posições da máquina de percussão e posições do microfone, sendo x/x o n.º de posições da máquina de percussão /n.º de posições do microfone.



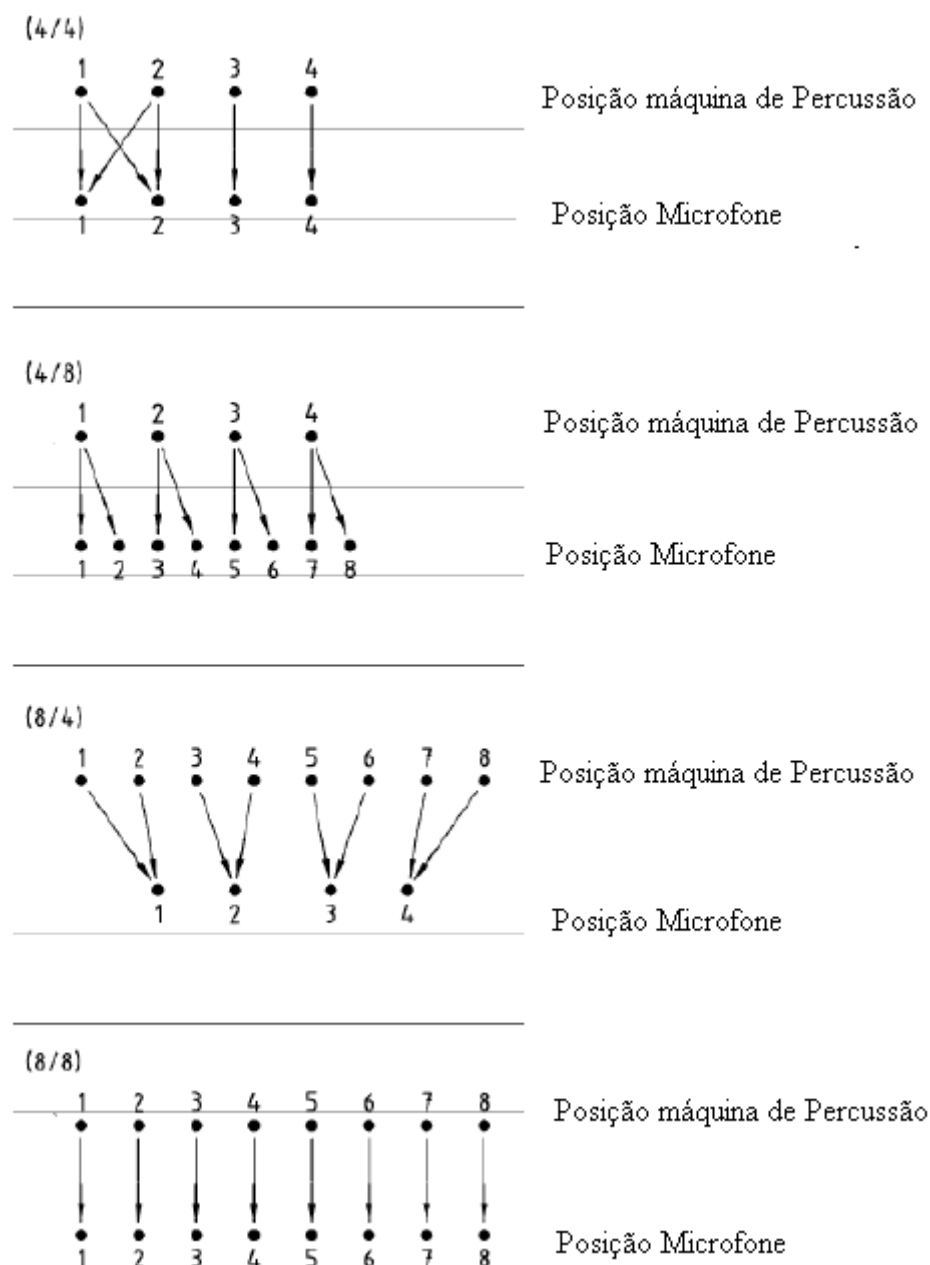


Figura 16. Combinação das posições da máquina de percussão e posições do microfone [ISO 140-14]

### Contribuição da máquina de percussão a sons de ruído aéreo

Para verificação dos limites regulamentares não é necessário realizar esta verificação, no entanto pode-se verificar a contribuição da máquina de percussão a sons de ruído aéreo.

Para esta verificação [ISO 140-14] determina-se a diferença do nível de pressão sonora entre o compartimento emissor e o compartimento recetor por meio de um sinal de ruído rosa emitido por uma fonte sonora colocado no compartimento emissor ( $L_{D, spk}$ ).

Mede-se o nível de pressão sonora no compartimento emissor com a máquina de percussão ( $L_{S,tm}$ ) e mede-se o nível de pressão sonora no compartimento recetor com a máquina de percussão ( $L_{R,tm}$ ).

Se a diferença ( $L_{S,tm} - L_{D,spk}$ ) estiver 10 dB ou mais abaixo  $L_{R,tm}$  para toda a gama de frequências de interesse, a influência do ruído aéreo emissor pela máquina dos percussão pode ser desprezada.

### 3.2.5. Tempo de Reverberação

#### 3.2.5.1. Documentos Aplicáveis

ISO 3382-2: *Measurement of room acoustic parameters – Part 2: Reverberation time in ordinary rooms* [ISO 3382-2].

Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios. Avaliação acústica / critérios de amostragem. [LNEC 2012]

Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios aprovado pelo Decreto-Lei nº129/2002 de 11 de Maio com a redação que lhe foi dada pelo Decreto-Lei 96/2008 de 9 de Junho [RRAE 2008].

#### 3.2.5.2. Método de ensaio

##### Generalidades

O método de ensaio apresentado, correspondente ao tempo de reverberação pelo método do ruído interrompido em salas conforme a [ISO 3382-2]. As salas abrangidas são: quartos e salas de habitações; salas de aula; escritórios; restaurantes. Para medições de reverberação pelo método interrompido em salas de espetáculo e auditórios deve-se usar a norma ISO 3382-1.

##### Estados de ocupação

O número de pessoas numa sala poderá influenciar o tempo de reverberação da mesma, sendo que se aconselha que as medições sejam realizadas com a sala vazia. Poderão estar no máximo duas pessoas presentes na medição do tempo de reverberação numa sala para considerar o estado de ocupação vazio.

### **Condições de Medição**

Em salas de dimensão superior a  $300 \text{ m}^3$  a atenuação provocado pelo meio de transmissão (aéreo) poderá contribuir significativamente na absorção sonora para as altas frequências, nestes casos deve-se medir a temperatura e a humidades relativa. No casos em que o tempo de reverberação é inferior a 1,5 s para 2 kHz e inferior a 0,8 s para 4 kHz a contribuição da absorção sonora pelo meio de transmissão aérea pode ser ignorado, não sendo necessário medir a temperatura e humidade relativa na sala.

### **Média por posição de microfone**

O número de posições do microfone será definido consoante a precisão pretendida, contudo será necessário calcular o valor médio para cada posição de medição garantindo uma incerteza de medição aceitável.

### **Média Espacial**

As medições efetuadas para as diversas posições da fonte sonora e do microfone podem ser combinadas quer separadamente para cada um dos conjuntos de áreas identificadas da sala, quer para a sala como um todo, com a finalidade de se obter uma média espacial dos valores obtidos.

Calcular a média aritmética do tempo de reverberação, tomando a média dos tempos de reverberação individuais em todas as posições relevantes da fonte e do microfone. O desvio padrão poderá ser calculado indicando a precisão e a variação espacial do tempo de reverberação.

### **Posição de Medição**

A posição de medição deve cumprir com os afastamentos mínimos:

- 2,0m entre posições de microfones;
- 1,0m entre uma posição do microfone e qualquer superfície refletora incluindo o chão;
- A distância mínima ( $d_{\min}$ ) em metros entre o microfone e a fonte sonora deve cumprir com a equação (5):

$$d_{\min} = 2 \times \sqrt{\frac{V}{c \times T}} \quad (5)$$

Em que:

V – volume da sala em m<sup>3</sup>;

c – velocidade do som m/s;

T – estimativa do T em s

Para garantir uma cobertura apropriada da sala a medir, o número de posições do microfone e fonte sonora são apresentados na Tabela 6. Em salas com geometria deve-se aumentar o número de posições de medição. A distribuição de posições de microfone deve contabilizar os efeitos que possam causar diferenças no tempo de reverberação dentro da sala a medir.

Tabela 6. Número mínimo de posições do microfone e fonte

Número de posições e medições		
Combinação Fonte-microfone	Para ensaios de isolamento	Para determinação do tempo de reverberação
Nº de Posições da Fonte	2	2
Nº de Posições do microfone	3	3
Nº de decaimentos por posição	2	3

No método do ruído interrompido determinam-se vários decaimentos para a mesma posição sendo que posteriormente tirar-se-á o decaimento médio para esse ponto, contudo é possível medir os decaimentos em pontos diferentes desde que salvaguardado o número mínimo de medições.

Em salas de pequenas dimensões como salas domésticas aconselha-se a colocação de uma das posições da fonte sonora num dos cantos da sala em estudo.

### Métodos de Medição – Método do ruído interrompido

Para esta medição é utilizado o seguinte método:

- Desocupar a sala permanecendo apenas duas pessoas;
- Escolher os pontos de medição;
- Realizar medições de teste para verificar flutuações do tempo de reverberação na sala;
- Excitar a sala e proceder às medições.

A excitação da sala é realizado com **ruído rosa**.

A duração da excitação da sala deverá ser suficiente para que o campo sonoro atinja um estado estável antes de este ser interrompido, logo é essencial que o ruído seja emitido por um período de  $T/2$  segundos. Em volumes grandes a duração da excitação deverá ser pelo menos de alguns segundos.

Para verificação dos limites regulamentares do tempo de reverberação em salas [RRAE 2008] mede-se o tempo de reverberação em bandas de oitava abrangendo a seguinte banda de frequência: 125 Hz a 4KHz e calcula-se a média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz.

Para correção de parâmetros acústicos  $D_{2m,nT,w}$ ;  $D_{nT,w}$  e  $L'_{nT,w}$  mede-se o Tempo de reverberação em bandas de um terço de oitava desde 100hz a 5khz. Para o  $L_{AR,nT}$  o tempo de reverberação é medido em terços de oitava.

O valor mais baixo da banda de medições deve estar suficientemente acima do ruído de fundo. Para medições do T30, o nível do ruído de fundo deve ser pelo menos **45 dB** abaixo do nível inicial. Para medições acima de uma banda de 20 dB, o nível de ruído deverá ser pelo menos **35 dB** abaixo do nível inicial.

### Verificação do Tempo de Reverberação

O parâmetro de curvatura, C, baseia-se nas medições de  $T_{20}$  e  $T_{30}$  (20 dB e 30 dB) e é introduzido como o desvio percentual a partir de uma linha reta perfeita (equação (6)).

$$C = 100 \times \left( \frac{T_{30}}{T_{20}} - 1 \right) \quad (6)$$

Os valores típicos de C são de 0% a 5%. Valores superiores a 10% indicam uma curva de decaimento que está longe de ser uma linha reta e do valor do tempo de reverberação estimado a partir da curva de decaimento pode não ser o mais correto.

Não devem ocorrer valores negativos uma vez que podem indicar um erro na medição.

Nota: Durante as medições de tempo de reverberação deve-se realizar medições acima do mínimo, para que se possam rejeitar algumas medição durante os cálculos, nesse sentido a Tabela 6, considera um número mínimo superior do que realmente é necessário, por exemplo para os ensaios de isolamento apenas é necessário um mínimo de 6 medições de tempo de reverberação e para verificação do tempo de reverberação apenas é necessário um mínimo de 12 medições.

### 3.2.6. Nível de avaliação

#### 3.2.6.1. Documentos Aplicáveis

ISO 16032: *Measurement of sound pressure level from service equipment in buildings - Engineering method* [ISO 16032].

Guia Relacre n.º 22: Cálculo de Incertezas Acústica. Abril de 2011 (projeto). RELACRE [Mateus 2011].

Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios. Avaliação acústica / critérios de amostragem [LNEC 2012].

Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios aprovado pelo Decreto-Lei n.º129/2002 de 11 de Maio com a redação que lhe foi dada pelo Decreto-Lei 96/2008 de 9 de Junho [RRAE 2008].

#### 3.2.6.2. Método de ensaio

##### Generalidades

O método de ensaio segue as orientações da nota 2 de [Mateus 2011] e da norma [ISO 16032] e é válido para compartimentos de volume inferior ou igual a 300m<sup>3</sup>. Os valores são calculados a partir de medições em bandas de terços de oitava, com exceção do tempo de reverberação que será em bandas de oitavas.

O nível de pressão sonora de equipamentos é determinado para uma condição de funcionamento específica e um ciclo de funcionamento específico.

Para o cálculo é efetuada a medição do nível de pressão sonora considerando 3 posições do microfone, uma posição no canto do compartimento recetor mais desfavorável (posição n.º 1) e duas posições no campo de reverberação sonora (posições n.º 2 e 3).

As medições são efetuadas sem a presença de pessoas no compartimento recetor.

##### Posição do microfone

Nas posições de canto a posição do sonómetro deve estar a 50 cm das paredes e 50cm do pavimento, se num dado canto da sala não for possível devido à existência de mobiliário, obstáculos, etc., aumenta-se a altura para 1,0 m ou caso necessário 1,5m acima do solo. A altura de medição deve ser igual para todos os cantos. Caso necessário

retiram-se pequenos objetos para que não afetem o campo sonoro. A posição do microfone distará pelo menos 0,2m de qualquer obstáculo.

Se o nível de pressão sonora num canto é dominado pelo som direto de uma fonte no interior da sala por exemplo um equipamento de ventilação este canto deve ser evitado quando se escolhe a posição de canto.

Nas outras duas posições no campo de reverberação do compartimento recetor, a altura do microfone não precisa de ser a 50 cm do pavimento, pode ser a 1,2 m a 1,5 m do pavimento.

Sempre que for possível, a distância mínima entre cada uma das posições, deve ser pelo menos de 1,5m. A distância a qualquer fonte sonora na sala deverá ser de pelo menos de 1,5m. A distância entre as posições números 2 e 3 e quaisquer superfícies da sala deverá ser pelo menos de 0,75m. Em compartimentos pequenos onde este requisito não pode ser satisfeito, a distância poderá ser reduzida até 0,5m.

O ensaio deve-se iniciar com a escolha da posição de canto mais desfavorável.

### **Seleção da posição de canto do microfone**

Para seleccionar a posição de canto mais desfavorável (posição nº1) procura-se o canto da sala com o valor mais alto do nível de pressão sonora  $L_{Ceq}$ , usando o ciclo de funcionamento e a condição de funcionamento do equipamento em estudo.

As medições são efetuadas em terços de oitava.

### **Determinação do número de medições em cada posição do microfone para medições do nível de pressão sonora contínuo equivalente**

Na posição de canto (mais desfavorável) realiza-se duas medições consecutivas do  $L_{Aeq}$  considerando as condições de funcionamento e o ciclo de funcionamento do equipamento em estudo.

Se a diferença entre os resultados de duas medições consecutivas for inferior ou igual a 1,0 dB então uma medição em cada uma das posições de microfone 1, 2 e 3 será suficiente. Se a diferença exceder 1,0 dB então o número de medições em cada uma das posições será igual à diferença dos níveis registados (arredondado por excesso ao inteiro

mais próximo; uma diferença de por exemplo 3dB resulta em 3 medições em cada posição do microfone).

As medições são efetuadas em terços de oitava.

### **Medição do Ruído de Fundo**

A medição do ruído residual (ruído de fundo) é efetuado em bandas de um terço de oitavas como o nível de pressão sonora contínua equivalente por um período de pelo menos 30s. São utilizadas as mesmas posições do microfone usadas para a medição do nível de pressão sonora do equipamento em estudo e o mesmo número de medições.

### **Medição do tempo de reverberação**

As medições são feitas em bandas de oitava de acordo com a norma [ISO 3382-2], o método está descrito na secção 3.2.5.

### **Medições adicionais**

Em situações em que existam fontes sonoras no interior da sala (por exemplo, um aparelho de ventilação na parede ou no teto) deve-se usar uma posição de medição adicional para cada fonte. Para fontes sonoras fixas numa parede, escolher uma posição 1 m em frente à fonte e 1,5 m acima do solo. Para fontes sonoras fixas no teto, a posição distará 1,5 m acima do solo, diretamente por baixo da fonte. Os valores resultantes destas medições adicionais deverão constar no relatório separadamente e não são incluídos na média das medições das posições do microfone 1,2 e 3.

### **Ciclos de funcionamento**

Apresentam-se alguns ciclos de funcionamento de equipamentos coletivos de edifícios de habitação:

- Elevadores:

Condições de funcionamento: O elevador deverá ser carregado com 1 ou 2 pessoas. A carga e o número de pessoas no elevador durante a medição deverão ser indicados no relatório.

Ciclos de Funcionamento: Inicia-se a subida do elevador do nível mais baixo possível. Pára-se em cada nível intermédio. Abre-se e fecha-se a porta (se for



manualmente não se deve forçar). Quando o elevador tiver atingido o nível mais alto do foço este deve ser chamado diretamente para o nível mais baixo e de seguida abre-se e fecha-se a porta.

– Portas mecânicas de garagens

Condições de funcionamento: A porta da garagem deverá estar na posição normal de funcionamento.

Ciclos de funcionamento: O tempo de integração deverá corresponder a um ciclo completo de abertura e fecho da porta.

### Tratamento de resultados

Calcula-se a média logarítmica das medições do ruído residual.

Calcula-se a média logarítmica das medições provenientes do equipamento em estudo, nesta média verifica-se se existem correções devidas ou ruído de fundo. Se o nível de ruído de fundo ficar 10 dB, ou mais, abaixo do nível de pressão sonora do equipamento em estudo não é necessária nenhuma correção.

Se o nível de ruído de fundo fica entre 4 dB a 10 dB abaixo do nível de pressão sonora do equipamento em estudo, o nível de pressão sonora medido será corrigido de acordo com a equação (7).

$$L = L_1 + 10 \times \log(1 - 10^{-0,1 \times (L_1 - L_2)}) \quad (7)$$

Se a diferença for inferior ou igual a 4 dB o valor da correção é de 2,2 dB.

A cada uma das bandas de terço de oitava, médias e já corrigidas, aplicam-se as ponderações em frequências descritas para a curva A.

Investiga-se a existência de componentes tonais no espectro médio corrigido do ruído de fundo. A metodologia para a componente tonal é a descrita no anexo 1 Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro [RGR 2007].

O valor global  $L_A$  é calculado através do espectro médio corrigido do ruído residual e ponderado A.

O nível de avaliação é calculado pela equação (8).

$$L_{Ar,nt} = L_A + K - 10 \times \log\left(\frac{T}{T_0}\right) \quad (8)$$

Onde:

K – correção tonal:  $K=3$  dB(A) se for detetado componentes tonais específicas do ruído particular ou  $K=0$  dB(A) se não forem identificadas características tonais;

T- tempo de reverberação médio, obtido com base nos valores centrados nas bandas de oitava de 500Hz, 1000Hz e 2000Hz.

É considerada a existência de componente tonal quando se verifique no espectro de terços de oitava o nível sonoro de uma banda exceder a das adjacentes em 5dB.

A verificação da componente tonal é verificada no  $L_{Aeq}$ , corrigido do ruído de fundo em dB(A), caso se verifique a mesma ocorrência de K no ruído de fundo (na média) não é considerada porque a origem não é do equipamento.

### 3.3. Ruído Ambiente

O RGR que estabelece os indicadores de avaliação de ruído ambiente e valores limites associados que enquadra a adoção das normas [ISO 1996-1] e [ISO 1996-2] é o Decreto-Lei 9/2007 de 17 de Janeiro. No entanto chama-se à atenção sobre o Anexo I do RGR que contém disposições particulares relativas ao procedimento de medição que prevalecem sobre as respetivas disposições da NP ISO 1996 para o critério de incomodidade.

Nesta seção é apresentado o método para verificação do critério de incomodidade e para verificação dos valores limites de exposição (determinação do nível sonoro médio de longa duração) seguindo as orientações da [ISO 1996-1], [ISO 1996-2] e [Mateus 2011].

#### 3.3.1. Definições

A norma [ISO 1996-2] definem como:

**Janela meteorológica:** conjunto de medições meteorológicas durante a qual são efetuadas medições em que os resultados têm variações limitadas e conhecidas em função da variação das condições meteorológicas.

A [ISO 1996-1] define som específico, som residual e som total, no entanto estas designações de som diferem do RGR, a Tabela 7 apresenta a correspondência.

**Som específico:** componente do som total que pode ser especificamente identificada e que esta associada a uma determinada fonte.

**Som residual:** som excedente numa dada posição e numa dada situação quando são omitidos os sons específicos em análise.

**Som total:** som global existente numa dada situação e num dado instante, usualmente composto pelo som resultante de várias fontes próximas e distintas.

Tabela 7. Correspondência das designações

RGR	NP ISO 1996
Ruído Ambiente (RA)	Som Total (ST)
Ruído Particular (RP)	Som Específico (SE)
Ruído Residual (RR)	Som Residual (SR)

O RGR define 3 intervalos de tempo:

- Período diurno: Das 07 às 20 horas;
- Período do entardecer: Das 20 às 23 horas;
- Período noturno: Das 23 às 07 horas.

### 3.3.2. Documentos aplicáveis

NP ISO 1996-1: Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Grandezas fundamentais e métodos de avaliação

NP ISO 1996-2: Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente.

ISO 9613-2: 1996: *Acoustics- Attenuation of sound during propagation outdoors. Part 2. General method of calculation* [ISO 9613-2].

*Guide méthodologique 2 - Prévision du bruit routier Méthode de calcul de propagation du bruit incluant les effets météorologiques (NMPB 2008)* [Sétra 2009].

Guia Prático para as medições de ruído Ambiente. No contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996 [Mateus 2011].

Regulamento Geral do Ruído aprovado pelo Decreto – Lei N.º 9/2007, de 17 de Janeiro [RGR 2007].

### 3.3.3. Critério de incomodidade

#### **Localização da fonte sonora**

Na localização da atividade ruidosa existem 3 situações possíveis: a fonte sonora e o recetor estão localizados no mesmo edifício; a fonte sonora e o recetor estão localizados em edifícios distintos e a fonte sonora localizada num edifício e o(s) recetor(es) no exterior das imediações do edifício da fonte sonora.

#### **Altura do microfone, Localização do microfone**

Na Tabela 8 apresentam-se as posições a que deve estar o microfone durante as medições, consoante estas se realizem no exterior ou no interior dos edifícios.

Tabela 8. Altura e localização do sonómetro

Localização do microfone no exterior	Localização do microfone no Interior
<p>A 3,5 m de qualquer estrutura refletora, à exceção do solo.</p> <p>3,8 m a 4,2 m acima do solo, quando aplicável ou de 1,2m a 1,5m de altura acima do solo ou do nível de cada piso de interesse, nos restantes casos.</p> <p>O ponto de medição deve estar o mais próximo possível do edifício considerado como recetor sensível e da sua fachada mais exposta à fonte em avaliação.</p> <p>Caso o recetor sensível tenha um espaço exterior com função de lazer, o ponto de medição pode localizar-se nesse espaço.</p>	<p><b>Altura do microfone:</b> entre 1,2 e 1,5 m.</p> <p><b>Localização do microfone</b></p> <p><b>3 Posições</b> (mínimo) uniformemente distribuídas pela área do compartimento onde as pessoas afetadas permanecem mais tempo (<b>quartos e salas</b>) com portas e janelas fechadas.</p> <p>A pelo menos, 0,5m das paredes, teto e pavimento, e a pelo menos 1m de elementos com significativa transmissão sonora, tais como janelas ou entradas de ar. Posições adjacentes do microfone deve ser, pelo menos, 0,7m.</p> <div data-bbox="858 801 1401 1102"> <p>Nota: A distância entre posições adjacentes do microfone deve ser, pelo menos, 0,7 m</p> <p><math>d \geq 0,5 \text{ m}</math></p> <p><math>d \geq 1,0 \text{ m}</math></p> <p><math>1,2 \leq h \leq 1,5 \text{ m}</math></p> <p>Janela</p> </div> <p><b>Ruído de baixa frequência</b> dominante, uma das 3 posições de microfone a um canto com distância de 0,5 m de todas as superfícies adjacentes ao canto definido pelas as paredes mais pesadas, e sem que nenhuma abertura esteja a uma distância inferior a 0,5 m.</p> <p><b>NOTA:</b> Para compartimentos maiores a <b>300 m<sup>3</sup></b>, fazer mais posições do microfone. Nestes casos, para ruído de baixa frequência, 1/3 das posições adicionais do microfone deverá localizar-se nos cantos.</p>

#### N.º de amostras (técnica de amostragem)

1) Em contínuo em todo o período de referência - neste caso há que estabelecer o número mínimo de períodos de referência para representar o intervalo de tempo de longa duração em questão – um ano ou um mês.

Para fontes que não apresentem marcados regimes de sazonalidade deverão ser caracterizados pelo menos dois períodos de referência (por exemplo, dois períodos diurnos).

Para fontes com marcados regimes de sazonalidade (por exemplo, dia útil versus fim de semana ou feriado, verão versus inverno), deverão ser caracterizados pelo menos dois períodos de referência para cada um desses regimes, ou seja, uma série de quatro períodos de referência (por exemplo, quatro períodos diurnos).

2) Por amostragem no período de referência - neste caso é fundamental o conhecimento prévio do regime de funcionamento da fonte no período de referência em análise e no intervalo de tempo de longa duração em questão, para a escolha dos intervalos de tempo de medição (momento de recolha das medições, número de medições e respetiva duração).

Para fontes que não apresentem marcadas flutuações do nível sonoro ao longo do intervalo de tempo de referência nem marcados regimes de sazonalidade, deverão ser caracterizados pelo menos dois dias, cada um com pelo menos uma amostra, em cada um dos períodos de referência que estejam em causa.

Para fontes que apresentem marcadas flutuações do nível sonoro ao longo do intervalo de tempo de referência que se apresentem associadas a ciclos distintos de funcionamento da fonte, devem ser efetuadas pelo menos duas amostras por ciclo. Para obter o valor do indicador de longa duração, mantém-se a necessidade de efetuar recolhas em pelo menos dois dias.

Todas as opções de amostragem, incluindo os números de períodos de referência, de amostras, de medições e duração da medição, devem ser devidamente justificadas em relatório, em face da sua representatividade para os intervalos de tempo de referência e de longa duração em causa.

Se a diferença entre os níveis  $L_{Aeq,t}$  do ruído ambiente, obtidos nas amostras anteriores, for  $> 5$  dB(A), realizar-se-á uma ou mais amostras adicionais, devendo a totalidade das amostras ser representativa do período de um mês, a não ser que o(s) ruído(s) particular(es) em avaliação justifique(m) essa diferença, como pode ser o exemplo de uma fonte com ciclos de funcionamento bem distintos do ponto de vista acústico (justificação a constar do relatório).

### **Tempo de medição**

- 10 minutos (mínimo) para ensaios no interior dos edifícios,
- 15 minutos (mínimo) para ensaios no exterior, devido, normalmente à abundância de fontes e à variabilidade das condições de propagação que influenciam o registo de medição.

O número mínimo de medições são 3 por ponto caso a medição seja no exterior, se a medição for no interior o número mínimo de medições será na mesma 3, mas em pontos distribuídos uniformemente.

Quando existem variações do sinal deve-se aumentar o tempo de medição sempre que existam variações no sinal.

### **Determinação dos níveis sonoros**

O indicador base do ruído é o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A,  $L_{Aeq,T}$ .

#### Determinação do $L_{Aeq,t}$ do Ruído Ambiente

Efetua-se a caracterização do nível sonoro,  $L_{Aeq,t}$ , do Ruído Ambiente apenas durante a ocorrência do ruído particular da atividade ou atividades em avaliação e integrar as variações mais significativas da sua emissão.

Em caso de reclamação prévia, realizar as medições em condições de funcionamento da atividade que o reclamante identifica como estando na origem da incomodidade.

Determinar a eventual presença de características tonais e/ou impulsivas.

#### Determinação do $L_{Aeq,t}$ do Ruído Residual (ausência dos ruídos particulares)

Realiza-se as medições nos mesmos pontos de medição em que se caracterizou o ruído ambiente.

Deve-se assegurar que a contribuição das fontes que compõem o ruído residual seja idêntica à verificada no ensaio relativo ao ruído ambiente

Realizar em dias da semana e em horários que sejam, do ponto de vista acústico, comparáveis com os dias da semana e horários nos quais tenha sido realizado o ensaio referente ao ruído ambiente. Deste modo, com exceção de zonas que evidenciem estabilidade do ponto de vista acústico ao longo de todos os dias semanais (o que deverá ser justificado em relatório), não devem ser comparados, e dando o exemplo de uma

situação comum, dados acústicos respeitantes ao ruído ambiente recolhidos em dias de fim de semana ou feriados com dados do ruído residual que tenham sido recolhidos em dias úteis da semana, e vice-versa.

Deve-se assegurar que a fonte em avaliação cesse por inteiro o seu funcionamento nos períodos selecionados para a avaliação, preferencialmente encerrando a atividade.

Se for tecnicamente impossível cessar a atividade, a metodologia de determinação do RR deve ser aprovada pela CCDR territorialmente competente (n.º 6 do art. 13 do RGR).

### **Condições meteorológicas – Para medições no exterior**

As condições meteorológicas devem ser representativas das condições de exposição ao ruído em avaliação.

Em piso seco, sem neve, gelo ou água (a menos que sejam estas as condições que se pretendam avaliar).

As condições meteorológicas durante a medição devem ficar registadas.

Quando a condição da equação (9) se verifica pode-se realizar as medições em qualquer condição de vento.

$$\frac{h_s + h_r}{r} \geq 0,1 \quad (9)$$

sendo:

$h_s$  é a altura da fonte;

$h_r$  é a altura do recetor;

$r$  é a distância entre a fonte o recetor.

Quando a condição da equação (9) não se verifica, as condições meteorológicas podem afetar significativamente os resultados da medição.

As medições devem ser realizadas em condições, favoráveis à propagação sonora, isto é, em condições de vento favorável da fonte para o recetor. Condições em vento contrário origina grandes incertezas, não sendo adequado para medições de curta duração.



A comparação de resultados deve ser realizada em condições meteorológicas selecionadas.

Em princípio, ocorrem condições favoráveis à propagação sonora quando se verificam, cumulativamente, as seguintes condições:

- o vento sopra da fonte sonora dominante para o recetor (no período diurno com um ângulo de  $\pm 60^\circ$ , no período noturno com um ângulo de  $\pm 90^\circ$ );
- a velocidade do vento, medida a uma altura de 3,0 m a 11,0 m acima do solo, está entre 2 m/s e 5 m/s durante o período diurno ou superior a 0,5 m/s no período noturno;
- não ocorre um forte gradiente de temperatura negativo junto ao solo, por exemplo, por não se verificar uma forte insolação em período diurno.

Quando as medições são realizadas no interior dos edifícios não é necessário efetuar o levantamento das condições meteorológicas, se as fontes sonoras em avaliação se localizarem no mesmo edifício, ou em edifício adjacente, ou não o sendo, se verifique a condição da equação (9).

### Determinação do critério de incomodidade

Ao valor calculado do nível de avaliação do ruído ambiente;  $L_{AR}$ , é subtraído o valor do nível sonoro contínuo equivalente do ruído residual,  $L_{residual}$ , sendo o resultado comparado aos limites estabelecidos legalmente e traduzidos pela Tabela 9 ( $V_{inc} = L_{AR} - L_{residual}$ )

Tabela 9. Valores limites

Valor percentual (q) entre a duração acumulada de ocorrência do ruído particular e a duração total do período de referência	Critério da incomodidade Valor limite [dB(A)]			
	Período diurno	Período entardecer	Período noturno	
$q \leq 12,5\%$	9	8	6*	5
$12,5\% < q \leq 25\%$	8	7	5	
$25\% < q \leq 50\%$	7	6	5	
$50\% < q \leq 75 \%$	6	5	4	
$q > 75\%$	5	4	3	
*Valores aplicáveis a atividades com horário de funcionamento até as 24 h.				

Caso o resultado da diferença seja inferior ou igual ao limite indicado, a atividade responsável pelo ruído particular em análise cumpre a exigência regulamentar.

O disposto na tabela anterior, não se aplica em qualquer dos períodos de referência, para um valor do indicador  $L_{Aeq}$  do ruído ambiente no exterior  $\leq 45\text{dB(A)}$  ou para um valor do indicador  $L_{Aeq}$  do ruído ambiente no interior dos locais de receção  $\leq 27 \text{ dB(A)}$  considerando a correção tonal e a impulsiva, para um período representativo de um mês.

#### **Deteção de ruídos tonais e /ou impulsivos**

A existência de ruídos tonais e/ou impulsivos é determinada nas medições referentes ao ruído ambiente, já que se pretende determinar se constituem características do ruído particular.

##### Deteção do ruído tonal:

Verifica-se no espectro de bandas de terço de oitavas, se o nível de uma banda excede o das adjacentes em 5 dB ou mais, se for este caso, o ruído deve ser considerado tonal.

As medições são efetuadas na gama de frequências entre 50 Hz e 10 kHz por bandas de frequência de um terço de oitavas.

A análise por bandas de frequência deverá ser efetuada utilizando a malha de ponderação A.

##### Deteção do ruído impulsivo:

Determina-se a diferença entre o nível sonoro equivalente, medido em simultâneo com característica impulsiva e fast. Se esta diferença for superior a 6 dB(A), o ruído deve ser considerado impulsivo.

A determinação desta diferença exige que o equipamento de medição possibilite a determinação simultânea destes valores ou, em alternativa, requer o funcionamento simultâneo de dois equipamentos.

Para aplicação deste método deve ser considerado um intervalo de tempo de medição de 5 minutos, abrangendo a ocorrência dos impulsos de ruído a caracterizar.

### Tratamento de resultados

Calcula-se a média das medições efetuadas nas condições referidas anteriormente nesta secção para cada amostra de ruído ambiente e ruído residual, para cada período de referência. Decidir sobre a necessidade de recolher amostras adicionais.

Recolhidas todas as amostras, calcula-se a média das amostras de ruído ambiente e ruído residual recolhidas para cada período de referência e calcula-se o nível de avaliação de ruído ambiente, compara-se os resultados com os limites estabelecidos legalmente (Tabela 9).

### Cálculo da média de cada amostra

A média logarítmica de várias medições, é calculada pela equação (10).

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \log \left( \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Aeq,t})_i / 10} \right) \quad (10)$$

Onde:

$n$  é o número de medições;  $(L_{Aeq,t})_i$  é o valor do nível sonoro correspondente à medição  $i$

Quando é possível identificar a ocorrência de patamares, no ruído que se pretende caracterizar, aplicar-se a equação (11) que corresponde ao cálculo da média logarítmica ponderada

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \log \left( \frac{1}{T} \times \sum_{i=1}^n t_i \times 10^{(L_{Aeq,t})_i / 10} \right) \quad (11)$$

Onde:

$n$  é o número de patamares;

$t_i$  - é a duração do patamar  $i$ ;

$(L_{Aeq,t})_i$  é o valor do nível sonoro no patamar  $i$ ;

$T = \sum t_i$  corresponde à duração total de ocorrência do ruído a caracterizar, no período de referência em análise.

### **Cálculo do nível de avaliação de ruído ambiente**

Se for detetada a existência de componentes tonais ou impulsivas no ruído ambiente, calcular-se o valor do nível de avaliação, de acordo com equação (12).

$$L_{AR} = L_{Aeq,T} + K_1 + K_2 \quad (12)$$

Onde:

$K_1$  será igual a 3 dB(A) se o ruído for tonal

$K_2$  será igual a 3 dB(A) se o ruído for impulsivo

$K_1 = 0$  dB(A) e  $K_2 = 0$  dB(A) se não forem identificadas características tonais e impulsivas.  $K_1 + K_2 = 6$  dB(A) coexistência de características tonais e impulsivas

Se as características tonais forem observadas em apenas parte do período de ocorrência do ruído particular, os valores de  $K_1$  e  $K_2$  são adicionados apenas aos valores de  $L_{Aeq,ti}$  correspondentes ao patamar em que são identificadas.

Neste caso aplica-se a equação (13).

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \log \left( \frac{1}{T} \times \sum_{i=1}^n t_i \times 10^{(L_{Aeq,i} + K_{1i} + K_{2i})/10} \right) \quad (13)$$

Onde:

$n$  é o número de patamares

$t_i$  - é a duração do patamar  $i$

$L_{Aeq,ti}$  é o valor do nível sonoro no patamar  $i$

$T = \sum t_i$  corresponde à duração total de ocorrência do ruído a caracterizar, no período de referência em análise

$K_{1i}$  é a correção tonal aplicável ao patamar  $i$

$K_{2i}$  é a correção impulsiva aplicável ao patamar  $i$

Quando se verificar que eventuais componentes tonais e/ou impulsivas, presentes no ruído ambiente existem também no ruído residual com as mesmas componentes (para as mesmas frequências), não se consideram uma vez que estas pertencem ao ruído residual e não ao ruído ambiente. A metodologia para o cálculos das componentes encontra-se no anexo 1 do [RGR 2007].

#### 3.3.4. Medição de níveis de pressão sonora. Determinação do nível sonoro médio de longa duração

##### **N.º de amostras (técnica de amostragem)**

1) Em contínuo em todo o período de referência - neste caso há que estabelecer o número mínimo de períodos de referência para representar o intervalo de tempo de longa duração em questão – um ano ou um mês.

Para fontes que não apresentem marcados regimes de sazonalidade deverão ser caracterizados pelo menos dois períodos de referência (por exemplo, dois períodos diurnos).

Para fontes com marcados regimes de sazonalidade (por exemplo, dia útil *versus* fim de semana ou feriado, verão *versus* inverno), deverão ser caracterizados pelo menos dois períodos de referência para cada um desses regimes, ou seja, uma série de quatro períodos de referência (por exemplo, quatro períodos diurnos).

2) Por amostragem no período de referência - neste caso é fundamental o conhecimento prévio do regime de funcionamento da fonte no período de referência em análise e no intervalo de tempo de longa duração em questão, para a escolha dos intervalos de tempo de medição (momento de recolha das medições, número de medições e respetiva duração).

Para fontes que não apresentem marcadas flutuações do nível sonoro ao longo do intervalo de tempo de referência nem marcados regimes de sazonalidade, deverão ser caracterizados pelo menos dois dias, cada um com pelo menos uma amostra, em cada um dos períodos de referência que estejam em causa.

Para fontes que apresentem marcadas flutuações do nível sonoro ao longo do intervalo de tempo de referência que se apresentem associadas a ciclos distintos de funcionamento da fonte, devem ser efetuadas pelo menos duas amostras por ciclo. Para obter o valor do indicador de longa duração, mantém-se a necessidade de efetuar recolhas em pelo menos dois dias.

Não se deve integrar fontes sonoras de caráter provisório (obras, festividades, etc).

Todas as opções de amostragem, incluindo os números de períodos de referência, de amostras, de medições e duração da medição, devem ser devidamente justificadas em relatório, em face da sua representatividade para os intervalos de tempo de referência e de longa duração em causa.

Se a diferença entre os níveis  $L_{Aeq,t}$  do ruído ambiente, obtidos nas amostras anteriores, for superior a 5 dB(A), deve-se realizar uma ou mais amostras adicionais, devendo a totalidade das amostras ser representativa do período de um mês a não ser que o(s) ruído(s) particular(es) em avaliação justifique(m) essa diferença, como pode ser o exemplo de uma fonte com ciclos de funcionamento bem distintos do ponto de vista acústico (justificação a constar do relatório).

Como exceção à regra de caracterização do ruído em pelo menos dois dias para obtenção de indicadores de longa duração, pode ser aceitável a caracterização do ruído apenas num dia se o valor obtido de  $L_{Aeq,T}$  for igual ou inferior em 10 dB(A) ao valor limite regulamentar aplicável ou ao valor limiar de aplicação do critério de incomodidade.

### **Localização do microfone**

A posição do microfone deve cumprir com as seguintes distâncias:

- A 3,5 m de qualquer estrutura refletora, à exceção do solo.
- 3,8 m a 4,2 m acima do solo, quando aplicável ou de 1,2m a 1,5m de altura acima do solo ou do nível de cada piso de interesse, nos restantes casos.

Exemplos:

- Se for para avaliar uma reclamação de habitante de um edifício térreo com jardim, efetuar as medições entre 1,2m a 1,5 m de altura acima do solo com afastamento de 3,5m de qualquer estrutura refletora (à exceção do solo).
- Se for para avaliar o ruído de uma rua com tráfego rodoviário, edifícios de habitação dispostos paralelamente à rua e com 1m de passeio, pode ser efetuado entre 0,5 m a 2m dos edifícios aplicando uma correção de -3dB(A) [NP ISO 1996-2].
- Avaliar a reclamação de um habitante, num 5º andar sem varandas, o ensaio pode ser efetuado com a janela aberta, colocando o microfone entre 0,5 m a 2 m

da fachada e aplicando uma correção ao valor medido de -3dB(A) [NP ISO 1996-2].

### **Tempo de medição do nível sonoro contínuo equivalente**

O tempo de medição deve ser de pelo menos 15 minutos para contemplar as variações das condições meteorológicas no trajeto de propagação. Atenção às variações do sinal, aumentar o tempo de medição sempre que existam variações no sinal.

### **Funcionamento da fonte - Medição de $L_{eq}$**

A Tabela 10 é utilizada caso se pretenda caraterizar tráfego rodoviário, tráfego ferroviário, tráfego aéreo ou instalações industriais.

Tabela 10. Funcionamento da Fonte

<p>Tráfego rodoviário</p> <p>Contar as passagens de veículos. Registrar o tipo de pavimento da estrada.</p> <p>Caso se pretenda que o resultado da medição possa ser convertido para outras condições de tráfego, deve ser efetuada pelo menos a distinção entre veículos, “pesados” e “ligeiros”. Para determinar se as condições de tráfego são representativas, deve ser medida a velocidade média do tráfego.</p> <p>NOTA: Numa definição comum, um veículo pesado é aquele cuja massa excede 3500 kg. Dependendo do número de eixos, os veículos pesados são frequentemente divididos em várias subcategorias.</p>
<p>Tráfego ferroviário</p> <p>As medições devem incluir o ruído proveniente da passagem de, pelo menos, 20 comboios. Cada categoria de comboios com potencial contribuição significativa para o valor global de <math>L_{eq}</math> deve ser representada com um mínimo de 5 passagens. Se necessário, as medições devem ser prolongadas para um dia subsequente.</p>

#### Tráfego aéreo

As medições devem englobar 5 ou mais passagens de cada tipo de aeronave com contribuição significativa para o nível de pressão sonora a determinar. Deve ser assegurado que o padrão do tráfego (pistas usadas, procedimentos de decolagem e aterragem, frota aérea, distribuição do tráfego ao longo do dia) é relevante para o cenário em consideração.

#### Instalações Industriais

As condições de funcionamento da fonte devem ser divididas em classes.

Para cada classe, a variação temporal da emissão sonora da instalação deve ser razoavelmente estacionária. Esta variação deve ser menor do que a variação decorrente da atenuação da propagação devida às variações nas condições meteorológicas

A variação temporal da emissão sonora da instalação durante uma determinada condição de funcionamento deve ser determinada a partir de valores de  $L_{eq}$  medidos em períodos de 5 a 10 minutos e a uma distância suficientemente grande para incluir todas as contribuições ruidosas das principais fontes e suficientemente pequena para minimizar efeitos meteorológicos.

Se a fonte tiver funcionamento cíclico, o tempo de medição deve englobar um número inteiro de ciclos. Caso este critério seja excedido, deve ser realizada uma nova categorização das condições de funcionamento. Se o critério for cumprido, mede-se o valor de  $L_{eq}$  para cada classe de condições de funcionamento e calcula-se o valor global de  $L_{eq}$  resultante, tendo em consideração a respetiva taxa de ocorrência e a duração de cada classe.

#### **Atividades ruidosas permanentes**

Para determinação do valor de  $L_{den}$  associado a atividades ruidosas permanentes que só laborem no período diurno, é aceitável como método expedito que o valor de  $L_n$  seja retirado do mapa municipal de ruído, se aplicável, isto é, se as fontes sonoras simuladas no mapa traduzirem com detalhe o ruído do local e se a altura de avaliação acima do solo coincidir com a do mapa. O valor de  $L_e$  terá que ser necessariamente medido.



A avaliação do cumprimento do valor limite de exposição (comummente designado por critério de exposição máxima) é dispensável para uma atividade permanente que não tenha emissões sonoras para o exterior do edifício/espço onde se insere, já que assim não preencherá o conceito de “atividade ruidosa permanente” em relação a pontos exteriores associados a recetores sensíveis.

Em caso de ultrapassagem do valor limite de  $L_{den}$  e, se aplicável, de  $L_n$ , deve ser avaliada a eventual responsabilidade ou corresponsabilidade da fonte sonora, no entanto esta verificação não é da responsabilidade do laboratório, caso um laboratório acreditado insira esta verificação no relatório deve-o colocar numa secção destinada a opiniões e interpretações que esteja identificada como fora do âmbito da acreditação.

Para o efeito, deve ser determinado o Ruído Particular (RP) da fonte por período de referência e comparado com o respetivo valor de Ruído Residual (RR), em termos do indicador  $L_{Aeq,T}$  de longa duração (anual) aplicável. Em caso de:

- $L_{Aeq,T(RP)} - L_{Aeq,T(RR)} \geq 10dB(A)$ , a responsabilidade do incumprimento legal é exclusiva da fonte sonora em avaliação;
- $L_{Aeq,T(RR)} - L_{Aeq,T(RP)} \geq 10dB(A)$ , a responsabilidade do incumprimento legal não é atribuível à fonte sonora, mas sim à(s) fonte(s) que compõe(m) o ruído residual;
- $L_{Aeq,T(RP)}$  e  $L_{Aeq,T(RR)}$  diferirem em menos do que  $10dB(A)$ , a fonte sonora é corresponsável pelo incumprimento.

A determinação de Ruído Particular pode ser feita por subtração logarítmica ( $\Theta$ ) entre ruído ambiente e ruído residual.

$$L_{Aeq,T(RA)} \ominus L_{Aeq,T(RP)} = L_{Aeq,T(RR)}, \text{ se } L_{Aeq,T(RA)} - L_{Aeq,T(RP)} > 3dB(A).$$

### Condições meteorológicas

As condições meteorológicas devem ser representativas das condições de exposição ao ruído em avaliação.

Em piso seco, sem neve, gelo ou água (a menos que sejam estas as condições que se pretendam avaliar).

As condições meteorológicas durante a medição devem ficar registadas.

Quando a condição da equação (9) se verifica pode-se realizar as medições em qualquer condição de vento.

Quando a condição da equação (9) não é verificada as condições meteorológicas podem afetar significativamente os resultados da medição.

As medições devem ser realizadas em condições de favoráveis à propagação sonora, isto é, em condições de vento favorável da fonte para o recetor. Condições em vento contrário origina grandes incertezas não sendo adequado para medições de curta duração.

A comparação de resultados deve ser realizada em condições meteorológicas seleccionadas.

Em princípio, ocorrem condições favoráveis à propagação sonora quando se verificam, cumulativamente, as seguintes condições:

- o vento sopra da fonte sonora dominante para o recetor (no período diurno com um ângulo de  $\pm 60^\circ$ , no período noturno com um ângulo de  $\pm 90^\circ$ );
- a velocidade do vento, medida a uma altura de 3,0 m a 11,0 m acima do solo, está entre 2 m/s e 5 m/s durante o período diurno ou superior a 0,5 m/s no período noturno;
- não ocorre um forte gradiente de temperatura negativo junto ao solo, por exemplo, por não se verificar uma forte insolação em período diurno.

### **Correção meteorológica ( $C_{met}$ )**

Quando se verificar que o ponto de medição (recetor) está sujeito à influência das medições, isto é, quando não se verifica a condição (15) os níveis sonoros obtidos  $L_{Aeq,T(Dw)}$  são corrigidos pela aplicação do fator  $C_{met}$ .

Para a determinação do valor da correção meteorológica por período de referência pode-se adotar o método da NP 4361-2.

$$L_{Aeq,LT} = L_{Aeq,T(Dw)} - C_{met} \quad (14)$$

O  $C_{met}$  é determinado pelas equações (15) e (16).

$$C_{met} = 0 \quad \text{se} \quad d_p \leq (h_s + h_r) \quad (15)$$

$$C_{met} = C_0 \left[ 1 - 10 \times \frac{(h_s + h_r)}{d_p} \right] \text{ se } d_p > (h_s + h_r) \quad (16)$$

Onde:

$h_s$  – altura da fonte, em metros

$h_r$  – altura do recetor, em metros

$d_p$ - distancia entre a fonte e o recetor projetada no plano horizontal do solo, em metros

$C_0$  – fator, em dB, que depende das condições meteorológicas estatísticas do local para a direção e velocidade do vento, e gradientes de temperatura

Os efeitos das condições meteorológicas na propagação sonora são pequenos para curtas distâncias  $d_p$ , e maiores para distâncias mais longas com fonte e recetor mais altos. As equações anteriores consideram aproximadamente esses fatores, como se mostra na Figura 17.

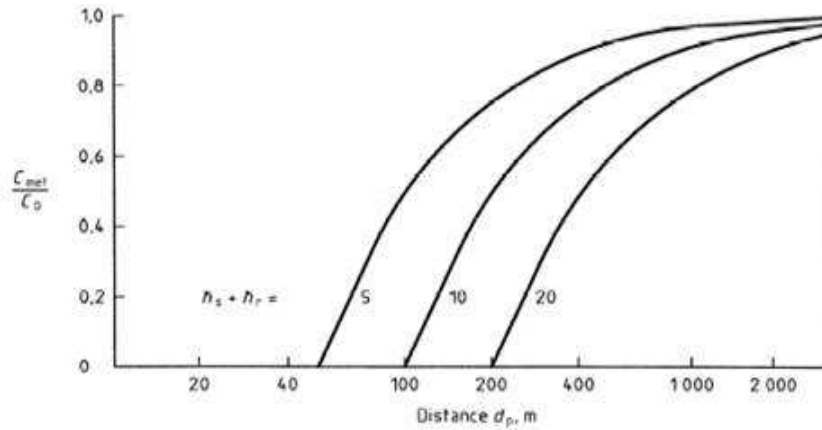


Figura 17. Correção meteorológica [ISO 9613-2]

Para uma fonte que seja composta por várias componentes de fontes pontuais, nas equações anteriores  $h_s$  representa a altura da fonte predominante, e o  $d_p$  a distância do centro dessa fonte ao recetor.

Segundo [Sétra 2009] podemos considerar a equação (17) para o valor de  $C_0$ .

$$C_0 = -10 \times \lg \left( \frac{P_f}{100} \times 10^{-C_f/10} + \frac{P_{hc}}{100} \times 10^{-C_{hc}/10} + \frac{P_{hu}}{100} \times 10^{-C_{hu}/10} \right) \quad (17)$$

Sendo:

$p_f$ ,  $p_{hc}$  e  $p_{hu}$  as respectivas probabilidades de ocorrências de condições meteorológicas favoráveis e homogêneas.

$$C_f = 0 \text{ dB (Nota 20 da [ISO 9613-2])}$$

$$C_{hU} = 10 \text{ dB (Nota 20 da [ISO 9613-2])}$$

$$C_{hC} = 1,5 \text{ dB (Nota 22 da [ISO 9613-2])}$$

O método de cálculo simplificado (estimativas globais) define a probabilidade da ocorrência de condições favoráveis à propagação sonora. No período diurno, assume que em 50% do tempo ocorrem condições favoráveis à propagação sonora; no período entardecer, assume 75% e no período noturno de 100%. Em [Sétra 2009] é considerado um período diurno de 12 horas, para um período diurno de 13 horas temos:

$$P_{\text{day}} = ((12 \cdot 0.5) + (1 \cdot 0.75)) / (12 + 1) = 0,5192$$

Usando a equação (17) temos:

$$C_{0,p,\text{diurno}} = -10 \lg (51,92/100 + (24,04/100)^{-1,5/10} + (24,04/1000)) = 1,47 \text{ dB}$$

$$C_{0,p,\text{entardecer}} = -10 \lg (75/100 + (12,5/100)^{-1,5/10} + (12,5/1000)) = 0,7 \text{ dB}$$

$$C_{0,p,\text{noturno}} = 0 \text{ dB}$$

### Avaliação do resultado de medição

Em função da classificação de uma zona como mista ou sensível os valores limites de exposição são definidos na Tabela 11.

Tabela 11. Valores limite de exposição

Zona	Indicador de ruído $L_{\text{den}}$	Indicador $L_n$
Sensível	$\leq 55 \text{ dB(A)}$	$\leq 45 \text{ dB(A)}$
Mista	$\leq 65 \text{ dB(A)}$	$\leq 55 \text{ dB(A)}$
Até à classificação (Zonas não classificadas)	$\leq 63 \text{ dB(A)}$	$\leq 53 \text{ dB(A)}$
Zonas sensíveis na proximidade de GIT existente	$\leq 65 \text{ dB(A)}$	$\leq 55 \text{ dB(A)}$
Zonas sensíveis na proximidade de GIT não aéreo em projeto	$\leq 60 \text{ dB(A)}$	$\leq 50 \text{ dB(A)}$
Zonas sensíveis na proximidade de GIT aéreo em projeto	$\leq 65 \text{ dB(A)}$	$\leq 55 \text{ dB(A)}$

O indicador de ruído diurno-entardecer-noturno ( $L_{den}$ ), é dado pela equação (18).

$$L_{den} = 10 \times \log \frac{1}{24} \times \left( 13 \times 10^{L_d/10} + 3 \times 10^{(L_e+5)/10} + 8 \times 10^{(L_n+10)/10} \right) \quad (18)$$

### Tratamento de resultados

O cálculo da média logarítmica de várias medições, para cada ponto de medição é dado pela equação (19).

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \log \left( \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Aeq,i})/10} \right) \quad (19)$$

Onde:

$n$  é o n.º de medições;  $(L_{Aeq,i})$  é o valor do nível sonoro correspondente à medição  $i$

Quando é possível identificar a ocorrência de patamares, no ruído que se pretende caracterizar, calcula-se a média logarítmica ponderada de acordo com a equação (20).

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \log \left( \frac{1}{T} \times \sum_{i=1}^n t_i \times 10^{(L_{Aeq,ti})/10} \right) \quad (20)$$

Onde:

$n$  é o n.º de patamares;

$t_i$  - é a duração do patamar  $i$ ;

$L_{Aeq,ti}$  é o valor do nível sonoro no patamar  $i$ ;

$T = \sum t_i$  corresponde à duração total de ocorrência do ruído a caracterizar, no período de referência em análise.

Aos valores obtidos aplica-se a correção  $C_{met}$  (se aplicável).

### 3.4. Cálculo de incertezas

O cálculo de incertezas segue as orientações do GUM. Os modelos matemáticos apresentados, para os diferentes ensaios, estão de acordo com o [Mateus 2011].

#### 3.4.1. Definições

**Incerteza de medição:** parâmetro associado ao resultado de medição que caracteriza a dispersão de valores que podem ser razoavelmente atribuídos à mensuranda.

**Incertezas do tipo A:** obtidas de dados experimentais sendo passíveis de um tratamento estatístico.

**Incertezas do tipo B:** obtidas através da informação disponível.

**Incerteza combinada:** incerteza-padrão que é obtida a partir das incertezas-padrão individuais associadas às grandezas de entrada.

**Incerteza padrão:** incerteza de medição expressa sob a forma de um desvio-padrão.

#### 3.4.2. Incertezas do tipo A

Determinar através da aplicação de métodos estatísticos a uma determinada série de valores medidos (no mínimo 3). Nestas condições chama-se incerteza padrão ao desvio padrão experimental associado á determinação de uma média ou de uma análise de regressão.

A melhor estimativa possível, na maioria dos casos, do valor esperado de uma quantidade  $q$  e para a qual  $n$  medições independentes foram feitas é a média aritmética dessas  $n$  observações (equação (21)).

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_j \quad (21)$$

Os valores individuais  $q_j$  variam, em valor, devido as variações aleatórias das condições que influenciam a sua medição. A variância experimental das observações é dada pela equação (22).

$$s^2(q_j) = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 \right] \quad (22)$$

Este valor estimado de variância e a sua raiz quadrada caracterizam a dispersão dos valores à volta de  $\bar{q}$ .

A melhor estimativa da variância da média  $\bar{q}$  é a variância experimental da média:

$$s^2(\bar{q}) = \frac{1}{n} s^2(q_j) \quad (23)$$

A incerteza  $u_A(\bar{q})$  da estimativa da grandeza de entrada  $\bar{q}$  é o desvio padrão experimental da média.

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q}) \quad (24)$$

### 3.4.3. Incertezas do tipo B

São exemplos de incertezas do tipo B: especificações dos fabricantes dos aparelhos utilizados, incertezas retiradas de literatura existente, dados de calibrações ou outros certificados.

Para uma estimativa “ $x_i$ ” de uma grandeza “ $X_i$ ” que não tenha sido obtida através de varias observações, a variância  $u_2(X_i)$  ou a incerteza padrão  $u(X_i)$  são estimados utilizando a informação disponível acerca da variação de  $X_i$ ”.

Se o fator de incerteza é retirado de um certificado de calibração, a incerteza padrão  $u(X_i)$  é:

$$u(x_i) = \frac{Up}{K} \quad (25)$$

E a variância estimada é:

$$u^2(x_i) = \frac{U_p}{K} \quad (26)$$

Sendo:

$U_p$  é a incerteza expandida

K o fator de expansão, K=2 para uma distribuição normal, ou segundo uma distribuição t de *student*, K= função do número de graus de liberdade  $\nu_{ef}$ , calculados pela equação de *Welch-Satherwaite*, para uma probabilidade expandida de 95%.

$$\nu_{ef} = \frac{u^4(y)}{\sum \frac{u_i^4(y)}{\nu_i}} \quad (27)$$

Quando o fator de incerteza provém da resolução do equipamento de medição é possível estimar fronteiras (limite inferior e superior) para a grandeza a medir e pode-se afirmar que a probabilidade de mensuranda se encontrar dentro desse intervalo é igual a 1 e que a probabilidade de se encontrar fora dos limites é igual a 0.

Se não houver conhecimento específico acerca dos possíveis valores da mensuranda dentro desse intervalo podemos assumir que é igualmente provável que se encontre em qualquer ponto desse mesmo intervalo (distribuição retangular simétrica em que 2ª é a resolução estimada).

Então o valor esperado ( $x_i$ ) da mensuranda será o ponto médio desse intervalo:

$$x_i = (a \pm a)/2$$

Sendo a variância associada representada por uma distribuição retangular:

$$s(x_i)^2 = \frac{1}{3} a^2 \quad (28)$$

Calculadas todas as variâncias dos fatores de incerteza que afetam a medição, é possível calcular a incerteza padrão combinada.

#### 3.4.4. Cálculo da incerteza padrão da estimativa da grandeza de saída

Para o caso das grandezas de entrada serem não correlacionadas entre si, a incerteza padrão da grandeza de saída é dada pela equação:

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^n u_i^2(y) \quad (29)$$



A grandeza  $U_i(y)$  ( $i=1, 2, \dots, N$ ) é a contribuição para a incerteza padrão da estimativa da grandeza de saída  $y$ , resultado da incerteza padrão da estimativa da grandeza de entrada  $x_i$ .

$$u_i(y) = c_i \times u(x_i) \quad (30)$$

Sendo:

$c_i$ : é o coeficiente de sensibilidade associado à grandeza de entrada  $X_i$ , ou seja a derivada parcial de “f” em relação a  $X_i$  avaliada nas estimativas  $x_i$  da grandeza de entrada.

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} \quad (31)$$

O coeficiente de sensibilidade  $c_i$  descreve como a grandeza é influenciada pelas variações de cada uma das estimativas das grandezas de entrada  $x_i$ .

Quando as grandezas de entrada são correlacionadas o coeficiente de sensibilidade é constante e igual a 1.

A análise de incerteza de medição inclui a lista de todas as origens de incerteza, juntamente com as incertezas padrão associadas e os respectivos métodos de cálculo ou de estimativa. Para as medições repetidas, referir o número de  $n$  observações.

#### 3.4.5.Cálculo da incerteza padrão da medição expandida

A incerteza expandida é obtida mediante a multiplicação do incerteza padrão  $u(y)$  por um fator de expansão  $k$ .

$$U = k \times u(y) \quad (32)$$

Atribuir aos resultados da medição um fator de expansão  $K=2$  (distribuição normal). A incerteza expandida associada corresponde a uma probabilidade expandida de aproximadamente 95%.

Quando a incerteza padrão da estimativa de saída não for e se não for prático aumentar o número de medições repetidas  $n$ , o fator de expansão  $K$  é calculado através do número de graus de liberdade efetivos ( $v_{ef}$ ), usando a equação de Welch-Satherwaite:

$$v_{ef} = \frac{u^4(y)}{\sum \frac{u_i^4(y)}{v_i}} \quad (v = n - 1) \quad (33)$$

Tabela 12. Valor de K

v <sub>ef</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	50	∞
k	13.97	7.53	3.31	2.87	2.56	2.52	2.43	2.37	2.28	2.13	2.05	2.00

O resultado de uma medição é expresso por:  $Y = y \pm U$

Que é interpretado como sendo Y a melhor estimativa atribuível é mensuranda e que y-U a y+U é o intervalo que é esperado que contenha a maior parte da distribuição de valores que possam ser razoavelmente atribuídos à mensuranda.

### 3.4.6. Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao isolamento sonoro a sons de condução aéreo de fachadas

A seguir irá descrever-se o método de cálculo de incerteza para isolamento sonoro a sons de condução aérea padronizado de fachada ( $D_{2m,nT}$ ) em terços de oitava.

As equações (34) ou (35) correspondem ao cálculo de  $D_{2m,nT}$ .

$$D_{2m,nT,f} = L_{1,2m,f} - L_{2,f} + 10 \times \log \left( \frac{\bar{T}_{20dB,f}}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (34)$$

Ou

$$D_{2m,nT,f} = L_{1,2m,f} - 10 \times \log \left( 10^{L_{eq,f}/10} - 10^{L_{eq,(rf)}/10} \right) + 10 \times \log \left( \frac{\bar{T}_{20dB,f}}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (35)$$

A incerteza expandida do  $D_{2m,nT}$  por banda de frequência é dado pela equação (36) ou (37), consoante a diferença do nível sonoro médio total na sala recetora ( $L_{eq,f}$ ), por banda de frequência e o nível sonoro médio residual na sala recetora ( $L_{eq,f(rf)}$ ), por banda de frequência.

Se  $L_{eq,f} - L_{eq,f(rf)} \geq 10 \text{ dB}$  ou  $L_{eq,f} - L_{eq,f(rf)} \leq 6$

$$u(D_{2m,nT,f}) = \sqrt{u^2(L_{1,2m,f}) + u^2(L_{2,f}) + \left( \frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}} \right)^2 \times u^2(\bar{T}_{20dB,f}) + u^2(son.) + u^2(arr.)} \quad (36)$$

Se  $6 \text{ dB} < L_{eq,f} - L_{eq,f(rf)} < 10 \text{ dB}$

$$u(D_{2m,nT,f}) = \sqrt{u^2(L_{1,2m,f}) + \left(\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial L_{eq,f}}\right)^2 \times (u^2(L_{eq,f}) + u^2(son.)) + \dots} \\ \dots + \left(\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial L_{eq,f(rf)}}\right)^2 \times (u^2(L_{eq,f(rf)}) + u^2(son.)) + \left(\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}}\right)^2 \times u^2(\bar{T}_{20dB,f}) + u^2(son.) + u^2(arr.) \quad (37)$$

Com:

$$\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial L_{eq,f}} = \frac{10^{L_{eq,f}/10}}{10^{L_{eq,f}/10} - 10^{L_{eq,f(rf)}/10}} \quad (38)$$

$$\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial L_{eq,f(rf)}} = \frac{10^{L_{eq,f(rf)}/10}}{10^{L_{eq,f}/10} - 10^{L_{eq,f(rf)}/10}} \quad (39)$$

$$\frac{\partial D_{2m,nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}} = \frac{4,34}{\bar{T}_{20dB,f}} \quad (40)$$

$$u(L_{1,2m,f}) = \frac{\sigma(L_{1,2m,f})}{\sqrt{n}} \quad (41)$$

$$u(L_{2,f}) = \frac{\sigma(L_{2,f})}{\sqrt{n}} \quad (42)$$

$$u(L_{eq,f}) = \frac{\sigma(L_{eq,f})}{\sqrt{n}} \quad (43)$$

$$u(L_{eq,f(rf)}) = \frac{\sigma(L_{eq,f(rf)})}{\sqrt{n}} \quad (44)$$

$$u(\bar{T}_{20dB,f}) = 0,88 \times \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,90}{n}\right)}{N \times 0,23 \times f \times \bar{T}_{20dB,f}}} \quad ; \text{ para decaimentos de 20 dB} \quad (45)$$

$$u(son) = 0,5 \text{ dB a } 1,0 \text{ dB} \quad (46)$$

$$u(arr.) = \frac{0,05}{3^{0,5}} = 0,03 \text{ dB ou } u(arr.) = \frac{0,5}{3^{0,5}} = 0,3 \text{ dB} \quad (47)$$

As equações (38), (39) e (40) correspondem aos coeficientes de sensibilidade e da equação (41) à equação (45) correspondem às incertezas padrão.

As equações (46) e (47) correspondem às incertezas do tipo B.

A incerteza expandida do  $D_{2m,nT}$  por banda de frequência é dada pela equação (48).

$$U(D_{2m,nT,f}) = 2 \times u(D_{2m,nT,f}) \quad (48)$$

### 3.4.7. Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao isolamento sonoro a sons de condução aéreo

A seguir irá descrever-se o método de cálculo de incerteza para isolamento sonoro a sons de condução aérea padronizado ( $D_{nT}$ ) em terços de oitava.

As equações (49) e (50) correspondem ao cálculo de  $D_{nT}$ .

$$D_{nT,f} = L_{1,f} - L_{2,f} + 10 \times \log\left(\frac{\bar{T}_{20dB,f}}{T_0}\right) \text{ dB} \quad (49)$$

Ou

$$D_{nT,f} = L_{1,f} - 10 \times \log\left(10^{L_{eq,f}/10} - 10^{L_{eq,f(rf)}/10}\right) + 10 \times \log\left(\frac{\bar{T}_{20dB,f}}{T_0}\right) \text{ dB} \quad (50)$$

A incerteza expandida do  $D_{nT}$  por banda de frequência é dado pela equação (51) ou (52) consoante a diferença do nível sonoro médio total na sala recetora ( $L_{eq,f}$ ), por banda de frequência e o nível sonoro médio residual na sala recetora ( $L_{eq,f(rf)}$ ), por banda de frequência.

Se  $L_{eq,f} - L_{eq,f(rf)} \geq 10 \text{ dB}$  ou  $L_{eq,f} - L_{eq,f(rf)} \leq 6$

$$u(D_{nT,f}) = \sqrt{u^2(L_{1,f}) + u^2(L_{2,f}) + \left(\frac{\partial D_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}}\right)^2 \times u^2(\bar{T}_{20dB,f}) + u^2(son.) + u^2(arr.)} \quad (51)$$

Se  $6 \text{ dB} < L_{eq,f} - L_{eq,f(rf)} < 10 \text{ dB}$

$$u(D_{nT,f}) = \sqrt{u^2(L_{1,f}) + \left(\frac{\partial D_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}}\right)^2 \times (u^2(L_{eq,f}) + u^2(son.)) + \dots} \quad (52)$$

$$\dots + \left(\frac{\partial D_{nT,f}}{\partial L_{eq,f(rf)}}\right)^2 \times (u^2(L_{eq,f(rf)}) + u^2(son.)) + \left(\frac{\partial D_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}}\right)^2 \times u^2(\bar{T}_{20dB,f}) + u^2(son.) + u^2(arr.)$$

Com:

$$\frac{\partial D_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}} = \frac{10^{L_{eq,f}/10}}{10^{L_{eq,f}/10} - 10^{L_{eq,f}(rf)/10}} \quad (53)$$

$$\frac{\partial D_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}(rf)} = -\frac{10^{L_{eq,f}(rf)/10}}{10^{L_{eq,f}/10} - 10^{L_{eq,f}(rf)/10}} \quad (54)$$

$$\frac{\partial D_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}} = \frac{4,34}{\bar{T}_{20dB,f}} \quad (55)$$

$$u(L_{1,f}) = \frac{\sigma(L_{1,f})}{\sqrt{n}} \quad (56)$$

$$u(L_{2,f}) = \frac{\sigma(L_{2,f})}{\sqrt{n}} \quad (57)$$

$$u(L_{eq,f}) = \frac{\sigma(L_{eq,f})}{\sqrt{n}} \quad (58)$$

$$u(L_{eq,f}(rf)) = \frac{\sigma(L_{eq,f}(rf))}{\sqrt{n}} \quad (59)$$

$$u(\bar{T}_{20dB,f}) = 0,88 \times \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,90}{n}\right)}{N \times 0,23 \times f \times \bar{T}_{20dB,f}}} \quad ; \text{ para decaimentos de 20 dB} \quad (60)$$

$$u(\text{son}) = 0,5 \text{ dB a } 1,0 \text{ dB} \quad (61)$$

$$u(\text{arr.}) = \frac{0,05}{3^{0,5}} = 0,03 \text{ dB ou } u(\text{arr.}) = \frac{0,5}{3^{0,5}} = 0,3 \text{ dB} \quad (62)$$

As equações (53), (54) e (55) correspondem aos coeficientes de sensibilidade e da equação (56) à equação (60) correspondem às incertezas padrão.

As equações (61) e (62) correspondem às incertezas do tipo B.

A incerteza expandida do  $D_{nT}$  por banda de frequência é dada pela equação (63).

$$U(D_{nT,f}) = 2 \times u(D_{nT,f}) \quad (63)$$

### 3.4.8. Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao isolamento sonoro a sons de percussão

A seguir irá descrever-se o método de cálculo de incerteza para isolamento sonoro a sons de condução aérea padronizado ( $L'_{nT}$ ) em terços de oitava.

As equações (64) e (65) correspondem ao cálculo de  $L'_{nT}$ .

$$L'_{nT,f} = L_{i,f} - 10 \times \log \left( \frac{\bar{T}_{20dB,f}}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (64)$$

Ou

$$L'_{nT,f} = 10 \times \log \left( 10^{L_{eq,f}/10} - 10^{L_{eq,(rf)}/10} \right) + 10 \times \log \left( \frac{\bar{T}_{20dB,f}}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (65)$$

A incerteza expandida do  $L'_{nT}$  por banda de frequência é dado pela equação (66) ou (67) consoante a diferença do nível sonoro médio total na sala recetora ( $L_{eq,f}$ ), por banda de frequência e o nível sonoro médio residual na sala recetora ( $L_{eq,f(rf)}$ ), por banda de frequência.

Se  $L_{eq,f} - L_{eq,f(rf)} \geq 10 \text{ dB}$  ou  $L_{eq,f} - L_{eq,f(rf)} \leq 6$

$$u(L'_{nT,f}) = \sqrt{u^2(L_{i,f}) + \left( \frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}} \right)^2 \times u^2(\bar{T}_{20dB,f}) + u^2(son.) + u^2(arr.)} \quad (66)$$

Se  $6 \text{ dB} < L_{eq,f} - L_{eq,f(rf)} < 10 \text{ dB}$

$$u(L'_{nT,f}) = \sqrt{\left( \frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}} \right)^2 \times (u^2(L_{eq,f}) + u^2(son.)) + \left( \frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial L_{eq,f(rf)}} \right)^2 \times (u^2(L_{eq,f(rf)}) + u^2(son.)) + \dots} \quad (67)$$

$$\dots + \left( \frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}} \right)^2 \times u^2(\bar{T}_{20dB,f}) + u^2(son.) + u^2(arr.)$$

Com:

$$\frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial L_{eq,f}} = \frac{10^{L_{eq,f}/10}}{10^{L_{eq,f}/10} - 10^{L_{eq,f(rf)}/10}} \quad (68)$$

$$\frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial L_{eq,f(rf)}} = \frac{10^{L_{eq,f(rf)}/10}}{10^{L_{eq,f}/10} - 10^{L_{eq,f(rf)}/10}} \quad (69)$$

$$\frac{\partial L'_{nT,f}}{\partial \bar{T}_{20dB,f}} = \frac{4,34}{\bar{T}_{20dB,f}} \quad (70)$$

$$u(L_{i,f}) = \frac{\sigma(L_{i,f})}{\sqrt{n}} \quad (71)$$

$$u(L_{eq,f}) = \frac{\sigma(L_{eq,f})}{\sqrt{n}} \quad (72)$$

$$u(L_{eq,f(rf)}) = \frac{\sigma(L_{eq,f(rf)})}{\sqrt{n}} \quad (73)$$

$$u(\bar{T}_{20dB,f}) = 0,88 \times \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,90}{n}\right)}{N \times 0,23 \times f \times \bar{T}_{20dB,f}}} \quad ; \text{ para decaimentos de 20 dB} \quad (74)$$

$$u(\text{son}) = 0,5 \text{ dB a } 1,0 \text{ dB} \quad (75)$$

$$u(\text{arr.}) = \frac{0,05}{3^{0,5}} = 0,03 \text{ dB ou } u(\text{arr.}) = \frac{0,5}{3^{0,5}} = 0,3 \text{ dB} \quad (76)$$

As equações (68), (69) e (70) correspondem aos coeficientes de sensibilidade e da equação (71) à equação (74) correspondem às incertezas padrão.

As equações (75) e (76) correspondem às incertezas do tipo B.

A incerteza expandida do  $D_{nT}$  por banda de frequência é dada pela equação (77).

$$U(L'_{nT,f}) = 2 \times u(L'_{nT,f}) \quad (77)$$

### 3.4.9. Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao tempo de reverberação

O cálculo de incerteza para o tempo de reverberação em terços de oitava é dado pelas equações (78) e (79):

$$u(\bar{T}_{20dB,f}) = 0,88 \times \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,90}{n}\right)}{N \times 0,23 \times f \times \bar{T}_{20dB,f}}} \quad ; \text{ para decaimentos de 20 dB} \quad (78)$$

$$u(\bar{T}_{30dB,f}) = 0,55 \times \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,52}{n}\right)}{N \times 0,23 \times f \times T_{30dB,f}}} ; \text{ para decaimentos de 30 dB} \quad (79)$$

O cálculo de incerteza para o tempo de reverberação em bandas de oitava é dado pelas equações (80) e (81):

$$u(\bar{T}_{20dB,f}) = 0,88 \times \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,90}{n}\right)}{N \times 0,71 \times f \times \bar{T}_{20dB,f}}} ; \text{ para decaimentos de 20 dB} \quad (80)$$

$$u(\bar{T}_{30dB,f}) = 0,55 \times \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,52}{n}\right)}{N \times 0,71 \times f \times \bar{T}_{30dB,f}}} ; \text{ para decaimentos de 30 dB} \quad (81)$$

Para as equações acima mencionadas os valores **n** e **N** será:

- n=2 e N=3 considerando uma posição da fonte, três posições de microfone e dois decaimentos em cada ponto.
- n=2 e N=6 considerando duas posição da fonte, três posições de microfone por cada posição da fonte e dois decaimentos em cada ponto.

#### 3.4.10. Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao nível de avaliação

A seguir irá descrever-se o método de cálculo de incerteza para  $L_{Ar,nT}$ .

A equação (82) correspondem ao cálculo de  $L_{Ar,nT}$ .

$$L_{Ar,nT} = L_A + K - 10 \times \log\left(\frac{\bar{T}_{500Hz,1000Hz,2000Hz}}{T_0}\right) \text{ dB} \quad (82)$$

Com

$$L_A = 10 \times \log\left(\sum_{f=50Hz}^{10kHz} 10^{L_{Af}/10}\right) \text{ dB} \quad (83)$$

$$L_{Af} = 10 \times \log(L_{eq,f}^* + At(f)) \text{ dB} \quad (84)$$

$$L_{Aeq,f}^* = 10 \times \log(10^{L_{eq,f}/10} + 10^{L_{eq,f(rf)}/10}) \text{ dB} \quad (85)$$



$$\bar{T}_{500Hz,1000Hz,2000Hz} = \left( \frac{\bar{T}_{20dB,500Hz}, \bar{T}_{20dB,1000Hz}, \bar{T}_{20dB,2000Hz}}{3} \right) \text{dB} \quad (86)$$

A incerteza expandida do  $L_{Ar,nT}$  por banda de frequência é dada pela equação (87) ou (88) consoante a diferença do nível sonoro médio total na sala recetora ( $L_{eq,f}$ ), por banda de frequência e o nível sonoro médio residual na sala recetora ( $L_{eq,f(rf)}$ ), por banda de frequência.

Se  $L_{eq,f} - L_{eq,f(rf)} > 10 \text{ dB}$  ou  $L_{eq,f} - L_{eq,f(rf)} \leq 4$

$$u(L_{eq,f}^*) = \sqrt{\left( \frac{\partial L_{eq,f}^*}{\partial L_{eq,f}} \right)^2 \times (u^2(L_{eq,f}) + u^2(son.))} \quad (87)$$

Se  $4\text{dB} < L_{eq,f} - L_{eq,f(rf)} \leq 10 \text{ dB}$

$$u(L_{eq,f}^*) = \sqrt{\left( \frac{\partial L_{eq,f}^*}{\partial L_{eq,f}} \right)^2 \times (u^2(L_{eq,f}) + u^2(son.)) + \left( \frac{\partial L_{eq,f}^*}{\partial L_{eq,f(rf)}} \right)^2 \times (u^2(L_{eq,f(rf)}) + u^2(son.))} \quad (88)$$

Com:

$$u(L_{Af}) = u(L_{eq,f}^*) \text{ dB} \quad (89)$$

Sendo  $A_{t(f)}$  uma constante para cada banda de terço de oitava, resulta o valor de incerteza combinada o valor (equação (90)):

$$u(L_A) = \sum_{f=50Hz}^{10kHz} \frac{\partial L_A}{\partial L_{A,f}} \times u^2(L_{eq,f}^*) \text{dB} \quad (90)$$

Assim, a incerteza combinada do nível sonoro do ruído particular de equipamentos padronizados é dada pela equação (91) .

$$u(L_{Ar,nT}) = \sqrt{u^2(L_A) + \left( \frac{\partial(L_{Ar,nt})}{\partial(\bar{T}_{500Hz,1000Hz,2000Hz})} \right)^2 \times u^2(\bar{T}_{500Hz,1000Hz,2000Hz}) + u^2(arr.)} \text{ dB} \quad (91)$$

Considerando:

$$\frac{\partial L_{eq,f}^*}{\partial L_{eq,f}} = \frac{10^{L_{eq,f}/10}}{10^{L_{eq,f}/10} - 10^{L_{eq,(rf)}/10}} \quad (92)$$

$$\frac{\partial L_{eq,f}^*}{\partial L_{eq,f(rf)}} = \frac{10^{L_{eq,f(rf)}/10}}{10^{L_{eq,f}/10} - 10^{L_{eq,(rf)}/10}} \quad (93)$$

$$\frac{\partial L_A}{\partial L_{A,f}} = \frac{10^{L_A/10}}{\sum_{f=50Hz}^{10kHz} 10^{L_{A,f}/10}}, \text{ para } f = [50Hz \text{ a } 10kHz] \quad (94)$$

$$u(L_{eq,f}) = \frac{\sigma(L_{eq,f})}{\sqrt{n}} \quad (95)$$

$$u(L_{eq,f(rf)}) = \frac{\sigma(L_{eq,f(rf)})}{\sqrt{n}} \quad (96)$$

$$u(\bar{T}_{20dB,f}) = 0,88 \times \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{1,90}{n}\right)}{N \times 0,71 \times f \times \bar{T}_{20dB,f}}}; f = [500Hz, 1000Hz \text{ e } 2000Hz] \quad (97)$$

$$\frac{\partial L_{Ar,nT}}{\partial \bar{T}_{500Hz,1000Hz,2000Hz}} = -\frac{4,34}{\bar{T}_{500Hz,1000Hz,2000Hz}} \quad (98)$$

$$u(\bar{T}_{500Hz,1000Hz,2000Hz}) = \frac{1}{3} \times \sqrt{u^2(\bar{T}_{20dB,500Hz}) + u^2(\bar{T}_{20dB,1000Hz}) + u^2(\bar{T}_{20dB,2000Hz})} \quad (99)$$

$$u(\text{son}) = 0,5 \text{ dB a } 1,0 \text{ dB} \quad (100)$$

$$u(\text{arr.}) = \frac{0,05}{3^{0,5}} = 0,03 \text{ dB ou } u(\text{arr.}) = \frac{0,5}{3^{0,5}} = 0,3 \text{ dB} \quad (101)$$

As equações (92), (93), (94) e (98) correspondem aos coeficientes de sensibilidade. As equações (95), (96), (97) e (99) correspondem às incertezas. As equações (100) e (101) correspondem às incertezas do tipo B.

A incerteza expandida do  $L_{Ar, nt}$  é dado pela equação (102).

$$U(L_{Ar,nT}) = 2 \times u(L_{Ar,nT}) \quad (102)$$

### 3.4.11. Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao ruído ambiente – determinação do nível sonoro médio de longa duração

A seguir apresenta-se o cálculo de incerteza para o  $L_{den}$ , este cálculo segue as orientações da Norma [ISO 1996-2]. Este cálculo refere-se à incerteza de uma amostra de ruído.

Este método não se aplica para o cálculo de incerteza de períodos de referência que incluam diferentes amostras recolhidas em ambientes acústicos distintos. Nestes casos, poderá ser necessário recorrer a formulação que processe as incertezas dos diferentes patamares de ruído, devidamente identificados. Esta formulação também não deverá ser aplicada aos períodos de referência de longa duração, sem que tenham sido identificadas as variações de ambiente acústico ao longo desse período.

No método a seguir apresentado considera desprezável a quantificação da incerteza associada às correções meteorológicas ( $C_{met}$ ), por ter uma ordem de grandeza muito pequena (tipicamente  $<<0,1$  dB).

O indicador de ruído diurno-entardecer-noturno é dado pela equação (103):

$$L_{den} = 10 \times \log \left[ \frac{1}{24} \left( 13 \times 10^{L_d/10} + 3 \times 10^{(L_e+5)/10} + 8 \times 10^{(L_n+10)/10} \right) \right] \quad (103)$$

A incerteza combinada do indicador diurno-entardecer-noturno é calculado pela equação (104).

$$u(L_{den}) = \sqrt{\left( \frac{\partial L_{den}}{\partial L_d} \times u(L_d) \right)^2 + \left( \frac{\partial L_{den}}{\partial L_e} \times u(L_e) \right)^2 + \left( \frac{\partial L_{den}}{\partial L_n} \times u(L_n) \right)^2} \quad (104)$$

Com:

$$u(L_d) = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (105)$$

$$u(L_e) = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (106)$$

$$u(L_n) = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (107)$$

As equações (105), (106) e (107) correspondem às incertezas padrão. As equações (108), (109) e (110) correspondem aos coeficientes de sensibilidade.

$$\frac{\partial L_{den}}{\partial L_d} = \frac{13 \times 10^{L_d/10}}{13 \times 10^{L_d/10} + 3 \times 10^{(L_e+5)/10} + 8 \times 10^{(L_n+10)/10}} \quad (108)$$

$$\frac{\partial L_{den}}{\partial L_e} = \frac{3 \times 10^{(L_e+5)/10}}{13 \times 10^{L_d/10} + 3 \times 10^{(L_e+5)/10} + 8 \times 10^{(L_n+10)/10}} \quad (109)$$

$$\frac{\partial L_{den}}{\partial L_n} = \frac{8 \times 10^{(L_n+10)/10}}{13 \times 10^{L_d/10} + 3 \times 10^{(L_e+5)/10} + 8 \times 10^{(L_n+10)/10}} \quad (110)$$

A incerteza expandida é calculada pela equação (111).

$$U(L_{den}) = 2 \times u(L_{den}) \quad (111)$$

Cálculo das componentes X, Y e Z:

- A componente X é obtida pelo desvio padrão experimental da média efetuada em cada um dos períodos de referência.
- Para a componente Y é necessário verificar se estamos numa situação alta ou baixa, que depende da altura da fonte,  $h_s$ , e da altura do recetor,  $h_r$ :

Situação alta:  $h_s \geq 1,5\text{m}$  e  $h_r \geq 1,5\text{m}$ , ou  $h_s < 1,5\text{m}$  e  $h_r \geq 4\text{m}$

Situação baixa:  $h_s \leq 1,5\text{m}$  e  $h_r \leq 1,5\text{m}$

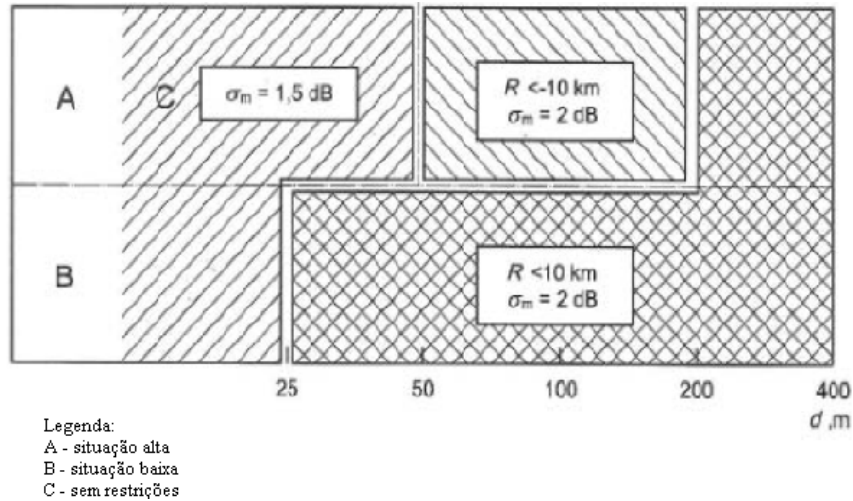


Figura 18. Raio de curvatura de propagação sonora, R e contribuição da incerteza de medição, expressa como o desvio padrão,  $\sigma_m$ , devido à influência das condições meteorológicas, para várias combinações de alturas de recetor/fonte sobre solo poroso [ISO 1996-2].

Para distâncias  $d > 400\text{m}$  a incerteza de medição  $\sigma_m$  é igual à equação (112).

$$\sigma_m = \left(1 + \frac{d}{400}\right) \text{ dB} \quad (112)$$

Quando a energia se propague sobre um solo refletor, o desvio padrão devido às condições meteorológicas pode ser desprezado desde que não se forme uma zona-sombra, isto é, para distância,  $d$ , até 25 m em situações “baixas” e a distância até 50 m em situações “altas”:

$$\sigma_m = 0,5\text{dB} \quad (113)$$

A Componente Z no caso do ruído em análise pertencer a uma fonte particular (rodoviária, ferroviária, industrial, etc.) então:

$$Z = \left( \sqrt{2} \times 10^{(L_{total} - L_{residual})/10} \right) \times u(L_{residual}) \quad (114)$$

$u(L_{residual})$  pode ser obtido pelo desvio padrão experimental da média das leituras efetuadas em cada um dos períodos de referência. Nas situações em que não exista uma fonte específica a caracterizar, a componente Z é nula.

### 3.4.12. Modelo matemático do cálculo da incerteza aplicada ao critério de incomodidade

O nível de incomodidade é calculado segundo a equação (115).

$$V_{inc} = L_{AR} - L_{residual} \quad (115)$$

São calculadas individualmente cada uma das incertezas, pela equação (116) a incerteza combinada do nível de avaliação e pela equação (117), a incerteza combinada do nível sonoro medio residual.

$$u(L_{Ar}) = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2} \quad (116)$$

$$u(L_{residual}) = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2} \quad (117)$$

A componente X é obtida pelo desvio padrão experimental da média efetuada em cada um dos períodos de referência.

A Componente Y é nula quando o recetor sensível e a fonte considerada como perturbadora se encontrem no interior da mesma edificação, ou em edificações contíguas. Quando o recetor sensível e a fonte considerada como perturbadora se encontrarem em locais distintos, então a componente Y será determinada do modo que nos ensaios de ruído ambiente – determinação do nível sonoro médio de longa duração.

As incertezas expandidas individuais são dadas pelas equações (118) e (119):

$$U(L_{Ar}) = 2 \times u(L_{Ar}) \quad (118)$$

$$U(L_{residual}) = 2 \times u(L_{residual}) \quad (119)$$

## 4. PROCESSO DE ACREDITAÇÃO DO LABORATÓRIO DE ACÚSTICA

Neste capítulo é apresentado o trabalho desenvolvido pela autora, enquanto Gestora do Sistema da Qualidade (SGQ), na empresa Certifer, para obtenção da acreditação de um laboratório de acústica, apresentando todos os critérios que um laboratório deve cumprir para ser acreditado.

Os critérios de acreditação são os requisitos técnicos e os requisitos de gestão que os laboratórios devem cumprir para serem acreditados. Tratam-se de requisitos de caráter geral, aplicáveis a todas as acreditações e de requisitos de caráter específico, neste caso o referencial [ISO 17025].

Interessa, aqui distinguir acreditação de certificação. A Certificação é um procedimento segundo o qual uma terceira parte dá uma garantia escrita de que um produto, processo ou serviço está em conformidade com os requisitos especificados. Por outro lado a acreditação de um laboratório consiste no reconhecimento da sua competência técnica para a execução, neste caso, de ensaios.

O organismo nacional de acreditação é o IPAC.

### 4.1. Definições

A [ISO 9000] descreve os fundamentos dos sistemas de gestão da qualidade e define alguns termos usados nos sistemas de gestão da qualidade.

**Ação corretiva:** Ação para eliminar a causa da não-conformidade detetada.

**Ação preventiva:** Ação para eliminar a causa de uma potencial não-conformidade.

**Correção:** Ação para eliminar uma não conformidade.

**Manual:** Documento usado para a definição, implementação, utilização e controlo de estratégias e princípios. O Manual da Qualidade é de carácter individual que especifica o SGQ. A empresa, sempre que nisso reconheça mais-valia, não deixa de constituir novo(s) manual(ais), validando-o(s) para a sua gestão da qualidade.

**Documento:** É um impresso codificado, aprovado e redigido, sujeito a alterações/revisões, adentro de uma periodicidade pré-definida.

**Registo:** Documento que expressa resultados obtidos ou evidências de atividades realizadas. Os registos não estão sujeitos a controlos de revisão. Serve para monitorizar, por exemplo reclamações, formações realizadas, etc.

**Impresso:** Suporte codificado, aprovado e controlado e que pretende responder à necessidade de documentar o que a organização entenda como relevante para a gestão da sua acreditação.

## 4.2. Processo de acreditação

O processo de acreditação [IPAC 2007] consiste numa fase de candidatura e registo no IPAC, no qual esta será analisada e avaliada pelo IPAC, posteriormente virá uma fase de decisão.

Após a concessão de acreditação o processo segue com a fase de manutenção de acreditação, a qual inclui ações de acompanhamento e renovação. Após se obter a acreditação pode-se solicitar a extensão, redução, suspensão ou anulação do seu âmbito de acreditação.

### 4.2.1. Apresentação da candidatura

A apresentação da candidatura é feita com o preenchimento de um Formulário Geral de Candidatura e de um Formulário Específico de Candidatura - Laboratórios de Ensaio no qual é anexada toda a documentação solicitada no formulário específico de candidatura (manual da qualidade, procedimentos, relatório da auditoria interna, etc.). Estes formulários e outros documentos que podem ser úteis durante a preparação da acreditação por parte do laboratório encontram-se na página eletrónica do IPAC.

O IPAC prestará todos os esclarecimentos para que o laboratório possa formular corretamente a candidatura, no entanto sem fornecer indicações específicas sobre como devem ser cumpridos os critérios de acreditação, de modo a não exercer consultadoria.

Após a documentação estar finalizada, esta pode ser enviada ao IPAC por correio eletrónico e/ou postal.

#### 4.2.2. Processamento da candidatura

Em [IPAC 2007] define-se o processamento da candidatura, após o envio da documentação por parte do laboratório, o IPAC efetua uma receção administrativa, verificando se a documentação está completa e se foi enviado o respetivo meio de pagamento da instrução do processo. Posteriormente o IPAC faz uma análise preliminar da candidatura rececionada.

Após a aceitação da candidatura, o IPAC confirmará ao laboratório a receção da candidatura e identificará o interlocutor do IPAC e o seu n.º de registo. Caso necessário o IPAC solicitará informação adicional ou elementos em falta no qual o laboratório deverá responder ao IPAC dentro do prazo estipulado. Qualquer registo efetuado terá a validade máxima de um ano para se realizar a avaliação de concessão, caso a validade do registo termine terá de ser formalizada uma nova candidatura.

O IPAC pode proceder ao encerramento do processo quando o laboratório não consiga apresentar uma candidatura de acordo com as regras estabelecidas e quando o laboratório não responde às solicitações do IPAC nos prazos estabelecidos ou por solicitação do laboratório candidato.

#### 4.2.3. Equipa Avaliadora

Após a conclusão da fase de processamento da candidatura o laboratório é informado, pelo IPAC sobre a sequência do processo e os elementos da equipa avaliadora (auditores), constituída por um avaliador coordenador e um ou mais peritos técnicos.

O laboratório pode, nos prazos estipulados pelo IPAC manifestar a sua discordância com um ou mais elementos da equipa avaliadora, no entanto esta discordância tem de ser fundamentada.

Após a confirmação da equipa avaliadora esta efetua a análise documental da documentação enviada pelo laboratório.



#### 4.2.4. Auditoria do IPAC

A primeira auditoria realizada a um laboratório para obter a acreditação é denominada por auditoria de concessão, posteriormente existem as auditorias de acompanhamento e de renovação.

O IPAC marca a auditoria com o laboratório, é o IPAC que define a duração da auditoria em função do âmbito a auditar.

A auditoria começa com uma reunião inicial com a equipa avaliadora e com os representantes do laboratório (é importante a presença da gerência), nesta reunião é apresentado o plano da auditoria. O IPAC não aceita alterações do âmbito feito no início ou durante a auditoria, estes devem ser efetuados com pelo menos 30 dias antes da data prevista para a auditoria.

Durante a auditoria são avaliadas a competência técnica do laboratório, em que a equipa auditora assiste à realização de ensaios reais ou quando não é possível simulando casos reais. Na concessão, são entrevistados todos os colaboradores que realizem ensaios e são verificadas as suas competências para a realização dos ensaios. Nas auditorias de acompanhamento são verificadas as competências dos novos colaboradores que atuem nos ensaios acreditados. Nas auditorias deve ser evidenciado o funcionamento do sistema de gestão. O laboratório deve demonstrar perante a equipa avaliadora a experiência adequada para a realização dos ensaios incluídos no âmbito da auditoria.

Na auditoria, mediante pedido prévio, podem estar presentes elementos externos ao laboratório, por exemplo consultores que ajudaram no processo de acreditação, no entanto estes não devem interferir durante a auditoria.

No final da auditoria é realizada uma reunião final, em que é importante a presença da gerência (a gerência deve estar envolvida no SGQ), nesta reunião são apresentados os resultados e conclusões da avaliação, o laboratório pode tirar as dúvidas sobre os resultados e conclusões apresentados pela equipa auditora.

É entregue ao laboratório uma cópia do relatório da auditoria.

Caso existam não-conformidades com implicações diretas nos resultados dos ensaios do laboratório deve abster-se imediatamente de emitir relatórios de ensaio até ter implementado as correções.

#### 4.2.5. Após auditoria

Após a auditoria e no caso de existirem não-conformidades é realizado um plano de correções e ações corretivas (PAC), este deve ser enviado ao IPAC dentro do prazo estipulado pelo IPAC.

Também têm de ser enviadas todas as evidências de implementação do PAC respeitando os prazos estipulados para cada categoria de não-conformidade, isto é, as não conformidades maiores têm um prazo mais curto para a sua resolução que as não-conformidades menores. Esta distinção deve-se ao fato de as não-conformidades maiores deverem-se à ausência ou falha sistemática na implementação de um (ou mais) requisitos de acreditação, com implicações na qualidade dos resultados, no correto funcionamento do seu sistema ou nas obrigações para com o IPAC. Pode dizer-se que sempre que seja detetada uma não-conformidade em que possa alterar o resultado final de um ensaio a não conformidade será do tipo maior.

Sempre que o IPAC tenha dúvidas no envio das evidências ou que as considere incompletas pedirá ao laboratório esclarecimentos e/ou novas evidências, estas devem ser enviadas nos prazos estipulados pelo IPAC.

#### 4.2.6. Decisão do IPAC

Após a auditoria e após a avaliação do IPAC das correções e ações corretivas é comunicada, por escrito, a decisão.

Caso a decisão seja positiva o IPAC procederá à emissão do certificado de acreditação e do(s) respetivo(s) anexo(s) Técnico(s) que se mantém(êm) válido(s) enquanto o laboratório cumprir com os regulamentos do IPAC. É atribuído ao laboratório um símbolo de acreditação o qual poderá usar nos seus relatórios de ensaio (acreditados) e para publicidade, respeitando o regulamento do IPAC sobre a utilização do símbolo.

No caso da concessão ou extensão, se a decisão for negativa, o IPAC fundamentará a sua decisão e proporá uma nova avaliação (auditoria de seguimento), a realizar no prazo máximo de um ano desde a anterior auditoria, caso não seja realizada neste prazo o IPAC encerrará o processo.

#### 4.2.7. Manutenção da acreditação

Após o laboratório ter obtido a acreditação, o IPAC programará a realização de avaliações periódicas para confirmar o cumprimento dos requisitos da acreditação.

O IPAC realiza auditorias anuais, tentando manter um intervalo de aproximadamente 12 meses entre auditorias. São realizadas auditorias de acompanhamento e de três em três anos, auditorias de renovação.

O laboratório deverá enviar toda a documentação solicitada pelo IPAC com uma antecedência mínima de 30 dias antes da realização da auditoria.

O processo de avaliação e tomada de decisão é idêntico ao descrito para a concessão.

O IPAC prevê avaliações extraordinárias, sempre que houver alterações significativas na organização e seu sistema de gestão, para avaliar se existem condições para o levantamento de uma suspensão ou para o encerramento de uma não-conformidade após uma avaliação a uma entidade acreditada ou em caso de reclamações ou denúncias credíveis relativas ao incumprimento dos requisitos e obrigações de acreditação.

#### 4.2.8. Alterações ao âmbito de acreditação

Durante o período de vigência de acreditação o laboratório pode solicitar a extensão do âmbito de acreditação (pedido para acreditar novos ensaios), estes pedidos devem ser acompanhado pelos formulários específicos aplicáveis.

A avaliação correspondente a este pedido pode ser realizada nas auditorias de acampamento ou de renovação evitando assim uma auditoria de extensão. No entanto será necessário enviar o pedido de extensão com uma antecedência mínima de 3 meses relativamente à data prevista para a realização da auditoria de acampamento ou de renovação.

#### 4.2.9. Transferência de acreditação

É possível requerer a transferência de acreditação de uma entidade para outra, mas nas condições pelo IPAC.

#### 4.2.10. Suspensão voluntária

O laboratório pode requerer a suspensão voluntária da acreditação parcial ou total durante um período de tempo estipulado pelo IPAC e nas condições definidas pelo IPAC.

#### 4.2.11. Anulação voluntária

O laboratório poderá solicitar o término voluntário da acreditação, podendo abranger parte (anulação parcial) ou a totalidade (anulação total) do âmbito acreditado nas condições definidas pelo IPAC.

#### 4.2.12. Sanções

O IPAC pode aplicar aos laboratórios suspensões ou anulações às entidades. O Regulamento Geral de Acreditação define quando é aplicado uma suspensão ou uma anulação.

### 4.3. A norma ISO 17025

Para apresentar uma candidatura ao Instituto Português de acreditação (IPAC) do laboratório de acústica há que implementar um sistema de gestão da qualidade de acordo com a NP EN ISO /IEC 17025 [ISO 17025].

Na Tabela 13 apresentam-se os requisitos que um laboratório deve cumprir.

Tabela 13. Requisitos da NP EN ISO/IEC 17025

Requisitos de gestão	Requisitos técnicos
Organização	Pessoal
Sistema de gestão	Instalações e condições ambientais
Controlo dos documentos	Método de ensaio
Controlo dos registos	Equipamento
Análise de consultas, propostas e contratos	Rastreabilidade das medições
Subcontratação de ensaios e calibrações	Manuseamento dos itens a ensaiar e de calibração
Aquisição de produtos e serviços (compras)	Garantir a qualidade dos resultados
Serviço ao cliente	Apresentação dos resultados
Reclamações	
Controlo de trabalho não-conforme	
Melhoria	
Ações corretivas e preventivas	
Auditorias internas	
Revisões pela direção	

#### 4.4. Implementação do sistema

Para a implementação do SGQ do laboratório é necessário realizar vários documentos internos nomeadamente o Manual da Qualidade (MQ), Procedimentos, desenvolver folhas de cálculo, efetuar o cálculo de incertezas, validar software e folhas de cálculo e participar em comparações interlaboratoriais. Nesta seção apresentar-se-á um exemplo de organização de um sistema de gestão da qualidade de forma a cumprir com todos os requisitos.

Na Tabela 14 apresentam-se os procedimentos obrigatórios, além do MQ, para a implementação de um sistema de gestão. Caso o laboratório identifique outros documentos que possam trazer uma mais valia para o laboratório poderá criá-los no entanto estes não necessitam de ser auditados, por exemplo um procedimento de Manutenção de Equipamento ou um Manual de Acolhimento para novos funcionários.

Tabela 14. Procedimentos para implementação de um SGQ

<b>Procedimentos Gerais da qualidade (obrigatórios)</b>
PGQ 1 – Controlo dos impressos, documentos e dados
PGQ 2 – Controlo dos registos
PGQ 3 – Controlo de trabalho não-conforme
PGQ 4 – Auditorias internas da qualidade
PGQ 5 – Ações corretivas e preventivas
PGQ 6 – Gestão da informação
PGQ 7 – Subcontratação e compras
PGQ 8 – Gestão da formação
PGQ 9 – Controlo metrológico dos equipamentos
PGQ 10 – Cálculo de incertezas
PGQ 11 – Realização dos ensaios
Nota: este procedimento de realização de ensaios poderá ser apenas um para todos os ensaios, no entanto ficará um pouco volumoso, pelo que se aconselha dividir por mais do que um procedimento.

#### 4.4.1. Manual da Qualidade

O MQ descreve as medidas de gestão e garante a qualidade dos serviços por si prestados na área da sua atuação.

O MQ descreve o SGQ implementado para a sua acreditação, garantindo os requisitos técnicos inerentes ao composto de ensaios.

Na Tabela 15 encontra-se um exemplo de um índice para um MQ.

Tabela 15. Exemplo de organização de um Manual da Qualidade

---

**CAPITULO 1 – GENERALIDADES**

- 1.1. Definições, siglas e rubricas
- 1.2. Campo de aplicação
- 1.3. Promulgação
- 1.4. A empresa
- 1.5. Independência, imparcialidade e integridade
- 1.6. Política da qualidade
- 1.7. Objetivos da qualidade
- 1.8. Indicadores e seu seguimento

**CAPITULO 2 – SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE**

- 2.1 Compromisso da Gestão
- 2.2 Comunicação com o cliente
- 2.3 Requisitos de documentação
- 2.4 Controlo de registos
- 2.5 Revisão do sistema e planeamento da qualidade
- 2.6 Gestão da Melhoria

**CAPITULO 3 – GESTÃO DE RECURSOS**

- 3.1 Infraestruturas
- 3.2 Equipamentos
- 3.3 Recursos Humanos e competências técnicas
- 3.4 Ambiente de trabalho

**CAPITULO 4 – REALIZAÇÃO DO SERVIÇO**

- 4.1 Aquisição de produtos e serviços
- 4.2 Subcontratação de ensaios
- 4.3. Serviço ao cliente/ Contratos
- 4.4 Confidencialidade da informação
- 4.5 Propriedade do cliente
- 4.6 Tratamento de reclamações e não conformidades
- 4.7 Tratamento de recursos
- 4.8 Reclamação por terceiros
- 4.9 Produção e métodos de ensaio e sua validação
- 4.10 Boas práticas
- 4.10 Procedimentos e instruções técnicas

**CAPITULO 5 – MEDIÇÃO, ANÁLISE E MELHORIA**

- 5.1. Controlo dos equipamentos de medição e monitorização (DMM's)
- 5.2. Rastreabilidade das medições
- 5.3. Garantia da qualidade dos resultados dos ensaios
- 5.4. Controlo do trabalho não conforme
- 5.5. Análise de dados e apresentação de resultados

**ANEXOS**

---

O capítulo 1 descreve a empresa, a sua história, os seus serviços. Deve focar aspetos como independência, imparcialidade e integridade em que se deve garantir que os colaboradores estão livres de qualquer tipo de pressões (comercial, financeira ou outra) suscetíveis de influenciar os resultados, de forma a prestar ao seu cliente um serviço que cumpra os requisitos legais e regulamentares, para além da atenção que sempre dá aos requisitos específicos do seu cliente. O laboratório deve garantir uma total independência das partes envolvidas.

É descritor das funções, responsabilidades de cada função existente no laboratório (Gerência, Diretor técnico de laboratório, Técnicos de laboratório, Secretariado e Gestor do sistema de qualidade). Neste capítulo a gerência delega a um dos colaboradores do laboratório a gestão do SGQ. Define as diferentes funções, responsabilidades, substitutos para as funções e requisitos mínimos para cada função, estabelece as regras para manutenção das qualificações. Salienta a importância de existência de substitutos, por exemplo em caso de ausência do diretor técnico deve estar nomeado um colaborador para sua substituição tendo em consideração as competências de cada colaborador.

Inclui-se neste capítulo a política e os objetivos da qualidade, refere a importância dos indicadores de seguimento, pois estes possibilitam a análise do cumprimento dos objetivos, garantindo que a política descrita se revela orientadora da melhoria do SGQ. Os indicadores e objetivos são revistos pelo menos uma vez por ano (em sede de revisão do sistema implementado), como forma de análise do seu cumprimento. Perante eventuais desvios, a gerência promove ações tendentes à reformulação desses objetivos/indicadores.

O capítulo 2 descreve o compromisso da gestão:

- Promulgar a política da qualidade estabelecida;
- Definir objetivos consentâneos com essa política;
- Resolver litígios dos seus clientes internos e tratar as reclamações dos seus clientes externos vendo nelas uma fonte de aprendizagem;
- Promover a melhor comunicação interna para uma correta abordagem dos procedimentos do laboratório;
- Afetar os recursos necessários, otimizando os existentes;
- Incrementar níveis de qualidade e garantir a sua perceção pelos clientes;



- Focalizar-se nos seus clientes, fidelizando-os pela aposta num processo de melhorias continuadas;
- Velar pelas melhores qualificações do pessoal envolvido no laboratório;
- Garantir que o serviço subcontratado corresponde aos parâmetros de qualidade exigíveis.

Neste capítulo aborda-se os requisitos da documentação e o controlo dos registos também descritos em procedimentos, a revisão do sistema e planeamento da qualidade e a gestão da melhoria.

A revisão do sistema da qualidade ocorre uma vez por ano (pelo menos), contando para o efeito a análise de dados e um relatório de apoio à revisão pela gerência.

Numa reunião de sistema são analisados vários pontos, nomeadamente: Análise à performance dos processos; resultados das auditorias; trabalho não-conforme; situação das ações corretivas e preventivas; alterações do volume e do tipo de trabalho; *feedback* dos clientes; reclamações; formação do pessoal; análise aos desvios do cumprimento dos objetivos; seguimento de ações resultantes de anteriores revisões; recomendações de melhoria.

As conclusões de uma revisão devem ficar registadas e as decisões e/ou ações tomadas relativamente aos pontos referidos em ata ou relatório são alvo de acompanhamento, devendo-se fixar prazos para a sua implementação e os respetivos responsáveis e deve-se avaliar a eficácia dos resultados obtidos.

A revisão do SGQ é posta em prática com auditorias internas da qualidade planeadas e documentadas.

No sentido da contínua melhoria da eficácia do sistema implementado o laboratório deve afetar recursos, otimizando os existentes, para proceder à implementação do SGQ, velando pela permanente adequação da política, objetivos da qualidade e do tratamento dos dados relevantes sistema garantindo a sua revisão e o (re)planeamento da qualidade (Figura 19).

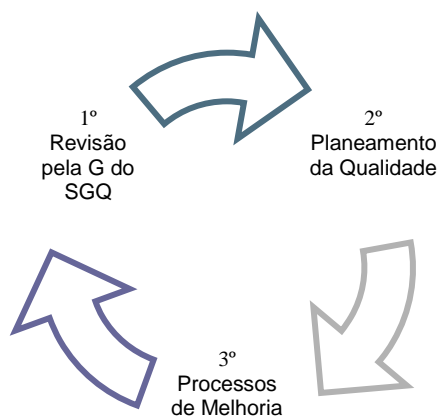


Figura 19. Gestão da melhoria

No capítulo 3 descrevem-se as infraestruturas do laboratório, o método de controlo dos equipamentos os recursos humanos e a sua competência técnica.

O ambiente de trabalho deve proporcionar o necessário conforto e segurança. Ademais os ensaios são planeados com o cliente uma vez que estes são realizados em sua própria casa.

Devem existir registos dos equipamentos, regras definidas para a sua utilização e definir procedimentos em caso de avaria dos equipamentos. Destacam-se algumas regras para os equipamentos: os equipamentos fora de serviço devem estar devidamente assinalados com etiquetas, nos equipamentos deve constar a data da próxima calibração e/ou verificação.

O laboratório tem que garantir a competência do pessoal que trabalha com equipamentos, realiza ensaios, avalia os resultados e assina os relatórios de ensaio.

No capítulo 4 são abordados temas relacionados com a realização do serviço. Na secção aquisição de produtos e serviços, nomeiam-se os responsáveis pelo desenvolvimento do processo de aquisição de novos produtos e serviços para o laboratório, as ações a tomar na receção de equipamento, descreve também como o laboratório deve escolher e avaliar os seus fornecedores de serviços e produtos. Os laboratórios devem prever no seu sistema a subcontratação de laboratórios para a realização de ensaios, caso se verifique essa necessidade, tendo em atenção que os trabalhos devem ser entregues a um laboratório acreditado segundo o referencial NP EN ISO/IEC 17025. O tema subcontratação e compras tem procedimento próprio (PGQ 7).

O laboratório deve aprovar e manter uma lista de subcontratados com a sua respetiva classificação.

Na secção serviço ao cliente descreve-se as ações a tomar, desde o contacto com um (potencial) cliente até à elaboração da proposta orçamental e no caso de aceitação da proposta orçamental os procedimentos a tomar até finalização do serviço. Após a prestação do serviço, o laboratório presta acompanhamento ao cliente de forma à sua crescente fidelização.

A secção confidencialidade da informação refere-se aos colaboradores internos e externos (por exemplo empresas de gestão informática) com acesso à informação do laboratório, todos os colaboradores devem assinar um compromisso de confidencialidade assim que iniciam a atividade no laboratório.

Neste capítulo retrata-se o tratamento de reclamações e não-conformidades, no entanto este tema é retratado em procedimento próprio (PGQ 3).

Na produção e métodos de ensaio e sua validação, o laboratório deve utilizar métodos e procedimentos adequados para a realização de todos os ensaios, do seu âmbito de atuação, estando esses métodos descritos em procedimento próprio.

No capítulo 5 retrata aspetos como medição análise e melhoria.

O controlo dos equipamentos de medição e monitorização é realizado através de verificações/calibrações dos instrumentos utilizados na realização de ensaios que se processam de acordo com um “Plano anual de verificações/calibrações do equipamento”. Nos equipamentos sujeitos a calibrações e verificações deve constar uma etiqueta com a data da próxima calibração. Esta operação deve ser efetuada por laboratórios acreditados.

Os certificados de verificação e calibração devem ser analisados e validados internamente pelos colaboradores indicados no MQ no qual analisam e avaliam o processo de verificação/calibração registando, as informações relevantes em impressos próprios.

A Rastreabilidade das medições é garantida com a verificação/calibração dos equipamentos em laboratórios acreditados, durante os ensaios a rastreabilidade das medições efetuadas com o sonómetro é garantida com a utilização de um calibrador

acústico. Os equipamentos utilizados devem ser adquiridos a fornecedor competente e estes devem ser verificados/calibrados por laboratório acreditado aquando a sua aquisição.

Durante as medições deve ser efetuado um registo em impresso próprio com todas as informações necessárias (n.º das memórias, áreas, locais de receção, locais de emissão, etc.) para a emissão do relatório. As memórias são descarregadas do sonómetro diretamente para o computador recorrendo a software apropriado, posteriormente procede-se à elaboração do relatório de ensaio.

A qualidade dos resultados é garantida verificando o bom funcionamento dos equipamentos, o sonómetro deve ser verificado no final de cada série de medições de forma a verificar se o seu desvio é admissível. Todos os softwares de cálculo utilizados pelos laboratório devem ser validados internamente.

Todos os técnicos que realizam ensaios têm que ter formação adequada e devem utilizar os mesmos procedimentos.

Para confirmar que os métodos são adequados ao fim a que se destinam, o laboratório deve participar em comparações inter laboratoriais promovidas por diferentes instituições (ex. RELACRE) e uma vez por ano deve realizar avaliações indiretas nos vários tipos de ensaio para controlo dos resultados, estudos de repetibilidade/reprodutibilidade, etc. A avaliação indireta é realizada internamente entre os técnicos do laboratório em que realizam os mesmos ensaios para que se possa verificar se os resultados são idênticos.

Deve ficar documentado quando é que o cliente pode assistir a um ensaio, pois a sua presença pode influenciar nos resultados.

Sempre que é detetado um trabalho não-conforme, quer por desvios aos procedimentos internos, quer ainda por eventuais desvios aos requisitos acordados com o cliente é analisado todo o processo e registadas as não conformidades, ficando a gerência com a respetiva responsabilidade. Pode ainda constituir um trabalho não-conforme o veiculado por reclamação dos clientes. Este tema é abordado no procedimento de Controlo de trabalho Não-Conforme.

Os resultados devem ser apresentados em forma de um relatório no qual é evidenciada a comparação dos resultados conseguidos com os valores regulamentares.

A apresentação do relatório/resultados deve ser de acordo com os procedimentos internos, no relatório deve constar referências a algumas condições relevantes consideradas nos ensaios.

O laboratório deve prever métodos de procedimento quando existe a necessidade de correções a algum relatório de ensaio emitido, o laboratório deve promover a reemissão de um relatório integral, anulando o anterior. Caso seja necessário introduzir opiniões e interpretações estas devem ficar fora do âmbito de acreditação e devem ser claramente identificadas.

Nos anexos podem-se colocar algumas informações que os laboratórios julguem úteis por exemplo uma matriz de correspondência entre os documentos internos e a norma NP EN ISSO/IEC 17025, normas de conduta, etc.

### 4.4.2. Procedimentos

Neste capítulo são apresentados os procedimentos que devem existir num laboratório, aqui designados por Procedimentos Gerais da Qualidade (PGQ).

Todo o SGQ deve estar uniformizado, os PGQ não fogem à regra e podem seguir o mesmo índice base (Tabela 16), os subcapítulos são adaptados a cada procedimento.

Tabela 16. Exemplo de organização dos índices dos PGQ

---

1.	Âmbito
2.	Objetivos
3.	Definições siglas e abreviaturas
4.	Descrição do procedimento
5.	Funções e responsabilidades
6.	Meios afetos ao processo
7.	Documentos e registos aplicáveis
8.	Motivos da revisão

---

#### **PGQ 1 – Controlo dos Impressos, Documentos e Dados**

Este procedimento deve documentar o processo relativo à produção de impressos e documentos, ao seu controlo, bem como ao controlo dos dados (internos e externos) importantes para o sistema da qualidade que suporta a acreditação do laboratório, nomeadamente:

- Elaborar os documentos necessários à gestão do sistema de qualidade;
- Garantir que se mantêm identificados, disponíveis e adequados aos seus fins;
- Prevenir a sua utilização indevida por pessoal não autorizado e fora de tempo;
- Dinamizar a gestão do sistema, facilitando a produção de registos evidenciadores da sua eficácia.

Nesse sentido, neste procedimento deve-se definir a estrutura documental a forma como é realizada a distribuição dos impressos e documentos, deve-se definir métodos para a alteração e revisão dos documentos e impressos, o controlo das alterações e a gestão dos obsoletos, e devem-se definir o controlo do MQ e da documentação externa.

### **PGQ 2 – Controlo dos Registos**

Neste documento pode-se documentar a forma como a organização identifica, mantém, arquiva e elimina os seus registos da qualidade (independentemente do tipo de suporte). Tem como objetivo estabelecer a metodologia do controlo dos registos, de forma a demonstrar a conformidade com os requisitos do referencial normativo e do funcionamento normal do seu SGQ, cujo tratamento se torna entrada da revisão do mesmo Sistema.

### **PGQ 3 – Controlo do trabalho não conforme**

Neste procedimento deve-se referir ao modo como são identificadas, controladas e tratadas em tempo útil o trabalho não-conforme detetado em qualquer estágio de um processo, de forma a atingir os objetivos de qualidade requeridos e expressos nos processos, contribuindo para a melhoria contínua do SGQ.

O trabalho não conforme deve ser identificado com base em: reclamações dos clientes; relatórios de auditorias (internas e de 3ª parte); reuniões da comissão da qualidade; atas de reuniões; saídas das revisões pela gerência; medição dos níveis de satisfação dos clientes; análise dos registos do SGQ; análise do seguimento dos processos do SGQ; manifestação de insatisfação no inquérito à avaliação da satisfação dos clientes; avaliação da importância do trabalho não-conforme.

#### **PGQ 4 – Auditorias Internas da Qualidade**

Faz-se referência à forma como são definidos o planeamento e a execução das auditorias internas da qualidade, a fim de verificar se todos os processos integrantes do sistema, e os resultados de desempenho apurados, estão conforme os requisitos da NP EN ISO /IEC 17025 e se o SGQ é mantido com eficácia.

#### **PGQ 5 – Ações Corretivas e Preventivas**

Este procedimento deve estabelecer a forma como são determinadas e desencadeadas as ações corretivas e ações preventivas com vista à eliminação de não-conformidades e/ou de potenciais não-conformidades.

Este procedimento deve-se aplicar a:

- Ações corretivas de não-conformidades detetadas internamente, de não-conformidades resultantes de reclamações de clientes, das resultantes de auditorias internas da qualidade e ainda de Auditorias de 3ª. Parte (realizadas por organizações externas independentes, neste caso pelo IPAC);
- Ações preventivas a partir de planos de melhoria, auditorias da qualidade e de potenciais não-conformidades.

#### **PGQ 6 – Gestão da Informação**

Este procedimento aplica-se às atividades que dizem respeito à gestão da informação, nomeadamente, à comunicação interna, à comunicação externa e à obtenção, gestão e disseminação dessa informação.

Definir e explicitar, ainda que de forma resumida, como é feita a gestão da informação no laboratório. Tem também como objetivo descrever o modo como a organização absorve a informação relevante do mercado para a melhoria da prestação do seu serviço.

#### **PGQ 7 – Subcontratação e Compras**

Este procedimento aplica-se à subcontratação de ensaios, a que se refere o processo de realização de ensaios, sempre que perante sobrecarga de trabalho e/ou outros motivos imprevistos.

Aplica-se ainda às compras (aquisição de produtos e serviços) a que recorre a empresa no âmbito das suas necessidades de equipamentos bem como necessidades de serviços de formação, contabilidade, auditorias e consultoria na implementação de sistemas de gestão, gestão do seu sistema informático, e ainda à aquisição de serviços de calibração/verificação.

Definir a forma como é planeada e controlada a subcontratação de entidades externas que apoiam a prestação do laboratório acima referidas, garantindo a melhoria continuada do serviço ao seu cliente.

### **PGQ 8 – Gestão da Formação Interna**

Documenta as linhas de orientação e a metodologia utilizada na formação interna. Inclui as seguintes fases: levantamento de necessidades; avaliação dessas necessidades pela hierarquia, planeamento da formação; aprovação do plano, procura de ações de formação em organizações externas, execução de ações, avaliação de resultados e do impacto da formação ministrada.

Explicita a forma como a empresa:

- Diagnostica as necessidades de formação dos seus colaboradores;
- Desenvolve as competências internas do seu pessoal;
- Avalia a sua eficácia.

### **PGQ 9– Controlo Metrológico dos equipamentos**

Este procedimento estabelece a metodologia de aceitação interna dos certificados de calibração/verificação dos equipamentos usados nos ensaios de acordo com os resultados dos certificados de calibração e verificação. Define a periodicidade de calibração e verificação dos equipamentos. Este tema é abordado na secção 3.1.2.

### **PGQ 10 – Cálculo das incertezas**

Este procedimento documenta a metodologia de cálculo de incertezas para os vários ensaios do laboratório de acústica, depois de estudadas as grandezas de entrada. Este tema é abordado na secção 3.



### **PGQ 11 - Procedimentos de ensaios**

Este procedimento documenta na sua abrangência funcional, os diversos ensaios que fazem parte do processo de realização de um laboratório bem como a realização de ensaios de forma a contribuírem para que a performance do processo de realização garanta a sua melhoria continuada. Este procedimento deve ser elaborado tendo em consideração a legislação e as normas em vigor.

De forma a este procedimento não ficar muito longo é preferível ter vários procedimentos de ensaio. Na seção 3 aborda-se os métodos de medição para os diferentes tipos de ensaios.

#### **4.4.3. Documentos, registos e Impressos**

Além do manual da qualidade e procedimentos, pode ser necessário criar outros documentos. A Tabela 17 apresenta uma lista de documentos que podem ser úteis a um laboratório.

Tabela 17. Documentos

---

Qualificação técnica, siglas e rubricas
Lista de Subcontratados e Fornecedores Aprovados e Avaliação
Lista de Registos da Qualidade
Lista de Documentos Externos
Lista de Impressos e Documentos

---

No documento qualificação técnica, sigas e rubricas constam as funções a que cada colaborador está qualificado e as rubricas e assinaturas que cada colaborador utiliza em documentos e registos do laboratório. A lista de subcontratados e fornecedores aprovados é uma lista com as entidades aprovadas pelo laboratório para fornecimento de serviços, formação e equipamentos com classificação dada pelo laboratório de acordo com os critérios estabelecidos, e com informações que possam ser úteis tais como pontos fortes e pontos fracos. A lista de registos da qualidade é uma lista com os tipos de registos existentes no laboratório internos e externos, nesta lista pode estar definido o colaborador responsável pelo seu arquivo, o tipo de suporte (papel/informático) e o tempo de retenção. A lista de documentos externos é uma lista de todos os documentos existentes no laboratório, e que sejam importantes para a atividade, tais como normas, legislação e bibliografia importante para o laboratório.

A lista de impressos e documentos é uma lista com as versões em vigor do manual da qualidade, documentos e impressos, nesta lista deve constar a revisão e/ou edição em vigor do documento ou impresso.

Os registos mais comuns num laboratório são os da Tabela 18, nesta tabela além dos registos internos também tem exemplos de registos externos.

Tabela 18. Registos

---

**Internos:**

Ata de reunião  
Ficha de Equipamento  
Inquérito à avaliação da satisfação dos clientes  
Análise dos dados relativos à satisfação dos clientes  
Relatório de apoio à revisão  
Reclamação a fornecedor  
Objetivos e indicadores de seguimento  
Proposta orçamental  
Controlo na receção (de serviços/ equipamentos)  
Plano anual de calibrações/verificações  
Plano anual de formação  
Plano anual de auditorias  
Ficha de atualização de cópias de segurança  
Plano de ações corretivas /Relatório de não-conformidades  
Pesquisa de documentação externa  
Registo de formação  
Levantamento das necessidades de formação  
Avaliação da eficácia de formação  
Avaliação da eficácia de formação pela gerência  
Receção de certificados de calibração/ Verificação  
Relatório de ensaio  
Registo de ensaio  
Relatório de auditoria interna

**Externos:**

Boletim de verificação  
Carta de controlo metrológico  
Certificado de calibração  
Certificados de formação  
Auditorias Externas  
*Curriculum Vitae*

---

Para elaborar documentos e registos é necessário ter impressos, estes são criados consoante as necessidades do laboratório.

Os documentos e impressos internos devem ser difundidos de forma a garantir o acesso dos destinatários de tais suportes, assim como os documentos externos (normas e legislação). O procedimento para controlo dos impressos, documentos e dados deve estar definido (PGQ 1).

### 4.4.4. Folhas de cálculo

As folhas de cálculo são necessárias para validar softwares adquiridos externamente, e para realizar os cálculos quando o laboratório não possui softwares externos. As folhas de cálculo são necessárias para efetuar o cálculo de incertezas de todos os ensaios em que o laboratório é acreditado. As folhas de cálculo usadas pelo laboratório devem ser protegidas e os cálculos devem ser validados.

### 4.4.5. Auditoria Interna

A primeira auditoria a realizar num laboratório é a auditoria interna. Esta é realizada após a implementação do sistema de gestão da qualidade e deve-se recorrer a auditores externos, livres de ambiguidades e de influências que possam afetar a objetividade da auditoria, garantindo independência em relação aos processos a auditar.

Pode-se dizer que uma auditoria tem duas partes. Na primeira parte a auditoria engloba os requisitos de gestão e na segunda parte engloba os requisitos técnicos.

Na primeira parte são auditados os requisitos de gestão referidos na Tabela 13 e se estes estão a ser implementados corretamente.

Numa segunda parte são auditados todos os requisitos técnicos referidos da Tabela 13. São realizados ensaios em campo de forma a verificar se os métodos/procedimentos estão a ser aplicados corretamente, são verificados se os equipamentos estão conforme; são verificados relatórios de ensaios e registos de ensaio, é verificado se o controle do equipamento está a ser efetuado, são verificadas as folhas de cálculo bem como o cálculo de incertezas, são verificados os currículos e a formação/ formação interna dos técnicos.

Finalizada a auditoria interna, são tratadas as não conformidades individualmente verificando se é necessário analisar a sua repercussão. É efetuada uma revisão ao sistema da qualidade.

Esta auditoria é realizada para a candidatura ao IPAC e pelo menos uma vez por ano para manter a acreditação. Esta auditoria é sempre realizada antes da auditoria do IPAC, é uma entrada para a revisão do sistema e funciona como uma preparação para a auditoria do IPAC.

Nas auditorias é verificado se o laboratório tem realizado corretamente as atualizações ao seu sistema de acordo com as alterações que possam ocorrer nas normas e na legislação.

Nota: Quando existem alterações a normas ou alterações na legislação, o IPAC poderá solicitar ao laboratório um prazo para enviar as alterações nos procedimentos de forma a manter a acreditação.

## 5. DISCUSSÃO

Só realizando ensaios é que se consegue verificar se os edifícios cumprem o RRAE, numa pequena amostragem foi verificado o seguinte:

- Em 37 moradias, 4 % não verificaram o  $D_{2m,nT}$ ;
- Em 14 lojas, 7% não verificavam o  $D_{nT}$  e 29 % não verificavam o  $L_{nT}$  e  $D_{nT}$ ;
- Em 6 edifícios habitacionais, um edifício não verificava o  $L'_{nT}$  e o  $D_{nT}$  em todas as situações com diferentes constituições.

As situações mais comuns para que os índices não sejam cumpridos e que se encontram com mais frequência são:

- Zonas de estar (nomeadamente salas) com pavimentos cerâmicos sem correção acústica;
- Paredes divisórias de diferentes frações com isolamento insuficiente;
- Comércio sem isolamento acústico nos tetos;
- Comércio sem correção acústica nos pavimentos;
- Envidraçados com grande área e com características acústicas insuficientes e/ou caixas de estores sem isolamento acústico.

Apesar de ainda se encontrarem obras em incumprimento com o RRAE, já se verifica preocupação por parte de alguns construtores no que se refere ao isolamento acústico. Também se tem verificado em lojas, a preocupação dos proprietários verificarem se as mesmas cumprem com o isolamento antes de iniciarem as obras para as suas atividades.

Na verificação dos limites de critério de incomodidade, nem sempre é fácil de verificar se existe ou não incomodidade por parte das atividades. As medições para o critério de incomodidade são uma “fotografia” do momento, pois duas amostras, de 30 minutos a 60 minutos, como é prática corrente nem sempre são suficientes, deve-se ter em consideração a existência de patamares de ruído e as variações de ruído ao longo do período de funcionamento.

Quando existem queixas, as medições de ruído ambiente devem ser efetuadas sem o conhecimento dos intervenientes da atividade, no entanto pode acontecer, o proprietário

receber uma notificação da câmara municipal, em que esta solicita o ensaio de critério de incomodidade e é estipulado um prazo. O proprietário do estabelecimento contrata um laboratório e durante esse período o ruído produzido pela atividade pode ser menor que o habitual porque têm conhecimento de que nesse período o laboratório irá realizar as medições acústicas. Nestes casos deveria competir às câmaras municipais realizarem uma fiscalização (artigo 26º do RGR).

Relativamente ao à verificação dos valores limites de exposição (RGR) deve-se ter em consideração o objetivo das medições para a escolha das amostras seja representativo.

A aplicação do artigo 13 do RGR obriga todas as atividades a realizarem as medições de critério de incomodidade e a verificarem os valores limites de exposição, no entanto uma pequena atividade inserida num edifício habitacional, em princípio, não altera os níveis de ruído exterior, podendo não fazer sentido verificar os valores limite de exposição, poderá sim fazer mais sentido verificar o critério de incomodidade para a vizinhança próxima (por exemplo numa fração habitacional confinante). Aqui impera o bom senso, em que cada situação específica deve ser avaliada e justificada, separando as situações em que é relevante a verificação dos valores limites de exposição (por exemplo estabelecimentos ruidosos, fábricas, indústrias) daquelas em que emitem pouco ruído e que não faz sentido esta avaliação.

Com a obtenção da acreditação, um laboratório é obrigado a efetuar auditorias internas e externas anuais, com estas auditorias os laboratórios conseguem verificar se as suas práticas são as corretas e se estão a implementar corretamente a legislação e as normas aplicáveis. Assim um laboratório tem a garantia que está a prestar um serviço de qualidade aos seus clientes.

As auditorias devem ser consideradas como uma mais valia para o laboratório, uma oportunidade de melhoria contínua e uma oportunidade de aprendizagem.

Com o acumular de experiência prática, tem-se uma melhor compreensão da razão de ser dos requisitos da NP EN ISO/IEC 17025, por exemplo com a aquisição do software de cálculo de acústica de edifícios “*Insulation Studio*” na preparação do SGQ para

solicitar a acreditação junto do IPAC, foi necessário realizar a respetiva validação de software, que levou a requerer uma atualização do software por parte do fornecedor. Outro exemplo são as comparações interlaboratorias, pois desta forma os laboratórios podem validar os seus métodos caso tenham um desempenho satisfatório, ou em caso de terem um desempenho questionável ou insatisfatório podem desta forma analisarem as causas para realizarem as devidas correções.

## 6. CONCLUSÕES

Apesar de já existirem laboratórios acústicos acreditados para verificação do RRAE desde há alguns anos e de as câmaras municipais solicitarem os ensaios acústicos no final da obra há alguns tempo, tempo este que varia consoante as câmaras municipais, ainda se verificam situações de edifícios que não cumprem na totalidade o RRAE. Assim considera-se importante a verificação “*in situ*” dos diversos ensaios, para que desta forma os edifícios com situações de não-conformidade possam ser corrigidos visando, desta forma, o conforto da população.

No entanto é importante, aquando a verificação do cumprimento do RRAE que sejam cumpridos os critérios de amostragem definidos pelo LNEC, isto é, todas as situações com diferente constituição (existência de diferentes materiais), todas as situações com diferente composição (existência de diferentes geometrias, em termos de área, da solução construtiva) e as situações mais desfavoráveis (por exemplo no caso dos equipamentos). A única forma de garantir que estes critérios são cumpridos é com a entrega de um parecer técnico juntamente com o relatório de ensaio emitido por um técnico qualificado nos termos do número 2 do artigo 3.º do Decreto-Lei 96/2008, de 9 de junho. No entanto este parecer não é solicitado por todas as câmaras municipais, não havendo assim garantias de cumprimento dos critérios de amostragem. O cumprimento dos critérios de amostragem é da responsabilidade do técnico que irá emitir o parecer técnico e não tem que ser obrigatoriamente um técnico pertencente ao laboratório em causa.

Ao nível de ruído ambiente tem-se verificado situações de pessoas incomodadas na vizinhança de algumas atividades, por exemplo pastelarias, bares e discotecas. Sendo aconselhável que estes estabelecimentos tenham cuidados redobrados (a nível de isolamento e vibrações de máquinas), para evitar situações futuras de desconforto para os residentes mais próximos.

Para loteamentos, além das medições de nível sonoro de longa duração para verificação dos limites de exposição (RGR), em alguns casos, pode ser útil realizar um estudo previsional, para que desta forma possam ser tomadas medidas de prevenção a nível de ruído ambiente, esta já é uma prática corrente de algumas câmaras municipais e está prevista na alínea f) do artigo 2º da portaria 232/2008 de 11 Março.



Quando não se tem conhecimento das normas de qualidade, nomeadamente a ISO 17025, a implementação de um SGQ pela primeira vez pode tornar-se um processo complexo e moroso. Depois de o laboratório atingir a acreditação a manutenção torna-se um processo mais simples, no entanto, para que tudo corra em conformidade os colaboradores devem estar sensibilizados com as práticas do laboratório e o SGQ deve ser mantido e atualizado de forma contínua.

A acreditação deve ser vista como uma mais valia no mercado, esta assegura a qualidade dos serviços prestados aos consumidores, uma vez que são avaliados por uma entidade competente, o IPAC, que assegura que as empresas cumprem com os requisitos normativos e legislativos.

No caso dos laboratórios de acústica a acreditação é obrigatória, no entanto em áreas em que a acreditação é voluntária esta deve ser considerada uma mais valia diferenciadora pelos consumidores.

Do ponto de vista pessoal, o trabalho descrito neste documento, nomeadamente a acreditação de um laboratório de acústica permitiu à autora aprofundar os conhecimentos necessários para obter uma acreditação junto do IPAC, compreender as normas e legislação e por em prática os conhecimentos adquiridos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[Alarcão 2008]

ALARCÃO, D.; FAFAIOL, C.; COELHO, J.L. Bento Coelho - Acústica de Salas de Aula - ACÚSTICA 2008, Coimbra, 2008

[AR-INTERIM-CM 2003]

Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping- Final Draft Report, 2003

[Alves 2008]

ALVES, Edward Victor – Estudo das Condições Acústicas de Auditórios. Universidade de Aveiro, 2008. Dissertação de Mestrado.

[Alvo Acústico]

<http://www.alvoacustico.pt/alvoacustico/index.php/velocidade-do-ar/termoanemometros?layout=blog>. Consultado em junho de 2012

[CESVAa]

CESVA Insulation Studio. Manuel del usuário. Software para el cálculo y generación de informes de aislamiento. Version 0.0-0.1

[CESVAb]

<http://www.cesva.com/pt/>. Consultado em junho de 2012

[Engacustica]

<http://www.engacustica.com/docs/limites.bmp>, consultado a junho de 2012

[Ferreira 2007]

FERREIRA, Ana Rafaela Penedores Caixeiro Ferreira - Soluções técnicas para isolamentos sonoros de edifícios de habitação. Universidade técnica de Lisboa: Instituto superior técnico, 2007. Dissertação de Mestrado.

[IPAC 2007]

IPAC - Regulamento Geral Para Acreditação. DRC001 – 2007-05-15

[IPQ 2008]

VIM-Vocabulário Internacional de Metrologia. 3ª ed. Instituto Português da Qualidade, 2008

[ISO 140-4]

NP EN ISO 140-4:2009 – Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 4 - Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos. 2ª ed.

[ISO 140-5]

NP EN ISO 140-5:2009 – Medição do Isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 5 - Medição *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e de elementos de fachadas. 2ª ed.

[ISO 140-7]

NP EN ISO 140-7:2008 –Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 7 - Medição *in situ* do isolamento de pavimentos a sons de percussão. 1ª ed.

[ISO 140-14]

EN ISO 140-14:2004 – Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Parte 14 - Guidelines for special situations in the field. 1ª ed.

[ISO 16032]

ISO 16032:2004 - Acoustics -- Measurement of sound pressure level from service equipment in buildings -- Engineering method. 1ª ed.

[ISO 17025]

NP EN ISO/IEC 17025 2005 - Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e calibração. 2ª ed.

[ISO 1996-1 2011]

NP EN ISO 1996-1:2011 - Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 1- Grandezas fundamentais e métodos de avaliação. 1º ed.

[ISO 1996-2 2011]

NP EN ISO 1996-2:2011 - Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 1- Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente. 1º ed.

[ISO 3382-2]

ISO 3382-2: 2008 – *Measurement of room acoustic parameters. Part 2 - Reverberation time in ordinary rooms*. 1º ed.

[ISO 717-1]

NP EN ISO 717-1:2009 – Acústica. Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 1 - Isolamento sonoro a sons de condução aérea. 1ª ed.

[ISO 717-2]

NP EN ISO 717-2:2009 – Acústica. Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 2 - Isolamento sonoro a sons de percussão. 1ª ed.

[ISO 9000]

NP EN ISO 9000:2005 - Sistemas de gestão da qualidade. Fundamentos e vocabulário. 2ª ed.

[ISO 9613-2].

ISO 9613-2: 1996: Acoustics- Attenuation of sound during propagation outdoors. Parte 2. General method of calculation. 1ª ed.

[LNEC 2012]

Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios. Avaliação acústica / critérios de amostragem. 13/02/2012

[Mateus 2011]

MATEUS, Mário [et. al.] – Guia Relacre n.º 22: Cálculo de Incertezas Acústica. Abril de 2011 (projeto). RELACRE

[Matos 2011]

MATOS, João [et. al.] - Guia Prático para as medições de ruído Ambiente. No contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996. Ed. Outubro 2011. Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente.

[Patrício 2005]

PATRÍCIO, Jorge – Acústica de edifícios: Índices de isolamento a sons de percussão utilizados no espaço europeu. Revista de acústica. ISSN 0210-3680, Vol. 36, N.º 1-2 (2005) , 33-39.

[Patrício 2007]

PATRÍCIO, Jorge - Acústica nos edifícios. 4ª ed. Verlag Dashofer, Edições Profissionais, Unip., Lda, 2007. ISBN 972-8906-56-0

[Patrício 2008]

PATRÍCIO, Jorge - Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios. Parecer relativo à avaliação do isolamento sonoro de fachadas. Outubro 2008.

[Patrício 2011]

PATRÍCIO, Jorge - Ambiente e edificação: Legislação Acústica Anotada. 1ª ed. Lisboa: Sítio do Livro, Lda, 2011. ISBN 978-989-8413-22-2

[Reboredo 2008]

Reboredo, Eduardo Alexandre Da Costa - Comportamento acústico de locais de restauração. Universidade de Aveiro, 2008. Dissertação de Mestrado.

[RGR 2007]

Regulamento Geral do Ruído (RGR) aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro

[RRAE 2008]

Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios aprovado pelo Decreto-Lei nº129/2002 de 11 de Maio com a redação que lhe foi dada pelo Decreto-Lei 96/2008 de 9 de Junho.

[Sétra 2009]

Guide méthodologique 2 - Prévision du bruit routier Méthode de calcul de propagation du bruit incluant les effets météorologiques (NMPB 2008). Sétra, 2009.

## ANEXO A – EXEMPLOS

### Anexo A.1 – Exemplo de cálculo de Isolamento a sons aéreos de fachada

Apresentação do cálculo do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, de uma fachada pertencente a um quarto de uma moradia, e do cálculo de incerteza.

O quarto possui uma parede com aproximadamente 100% de envidraçado.

Na Tabela 19 apresentam-se as medições de ruído de fundo em 5 pontos distintos (RF1 a RF5), a média das medições, a incerteza padrão e o coeficiente de sensibilidade.

Tabela 19. Medições do nível de ruído de fundo no quarto

Ruído de fundo/Freq [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	25000	3150
RF1	23,6	20,4	22,5	20,4	20,7	21,8	18,2	18,4	16,8	15,4	16,3	21,0	23,1	12,2	13,3	11,1
RF2	22,1	22,5	26,1	24,2	22,2	24,3	22,7	22,2	17,2	16,4	17,6	16,2	16,4	16,2	16,7	15,4
RF3	26,4	27,2	23,7	22,0	20,6	21,3	18,3	17,5	17,5	18,6	23,3	22,4	22,8	17,9	18,2	17,6
RF4	27,9	23,4	23,7	21,2	20,6	20,8	19,5	19,3	16,8	16,8	19,2	19,5	21,7	20,8	20,0	15,5
RF5	20,4	19,9	19,7	16,8	20,5	20,6	23,3	23,6	22,3	21,2	18,7	17,7	17,7	16,0	14,3	14,5
<b>Lb</b>	<b>24,9</b>	<b>23,5</b>	<b>23,6</b>	<b>21,5</b>	<b>21,0</b>	<b>22,0</b>	<b>21,0</b>	<b>20,8</b>	<b>18,7</b>	<b>18,2</b>	<b>19,7</b>	<b>19,9</b>	<b>21,1</b>	<b>17,5</b>	<b>17,2</b>	<b>15,3</b>
<b>u(Lresidual)</b>	<b>1,8</b>	<b>2,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>	<b>1,5</b>	<b>1,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,9</b>	<b>2,1</b>	<b>1,9</b>	<b>2,2</b>	<b>1,7</b>	<b>1,4</b>	<b>1,9</b>
<b>dD2mmT/dLresidual (1)</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

Na Tabela 20 apresentam-se 12 medições do tempo de reverberação. As medições do tempo de reverberação foram realizadas com duas posições da fonte sonora, em cada posição da fonte sonora efetuaram-se 6 medições, distribuídas por três posições. Esta tabela também apresenta a média das medições, a incerteza padrão e o coeficiente de sensibilidade.

Tabela 20. Tempo de reverberação

Tempo Reverb./Freq [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	25000	3150
T1	2,48	2,02	1,74	1,72	1,76	1,62	1,71	1,17	1,41	1,43	1,92	1,84	1,98	1,59	1,56	1,53
T2	2,28	1,49	1,21	3,32	1,75	1,17	1,29	1	1,29	1,49	1,64	1,73	1,86	1,87	1,58	1,61
T3	2,5	1,56	1,37	0,76	1,33	1,06	1,95	1,6	1,25	1,34	1,53	1,94	1,79	1,87	1,68	1,56
T4	2,43	1,03	1,93	1,53	1,19	2,61	1,59	1,1	1,16	1,4	1,33	1,99	1,67	1,51	1,6	1,67
T5	2,15	1,15	1,88	1,34	1,55	1,59	1,72	1,3	1,59	1,79	1,73	1,77	1,93	1,68	1,74	1,63
T6	1,95	1,28	2,58	1,53	1,28	1,39	1,33	0,79	1,42	1,95	1,84	1,72	1,84	1,65	1,68	1,67
T7	1,3	2,38	2,46	1,7	1,41	2,59	1,5	1,16	1,62	1,1	1,54	1,54	1,51	1,62	1,84	1,64
T8	1,68	1,94	2,14	1,78	1,68	1,52	1,27	1,08	1,29	1,52	2,11	1,81	1,79	1,81	1,67	1,6
T9	1,54	1,63	1,99	1,43	1,78	1,63	1,7	1,26	1,42	1,7	2,17	1,81	1,62	1,79	1,6	1,6
T10	1,36	3,33	1,23	2,18	1,99	1,83	1,71	1,13	1	1,49	1,64	1,78	1,91	1,65	1,68	1,35
T11	1,7	1,15	2,1	1,99	1,47	1,88	1,37	1,08	1,18	1,71	1,91	1,61	1,69	1,85	1,53	1,76
T12	1,98	1,46	1,52	1,75	1,17	1,66	1	1,65	1,31	1,58	1,77	1,76	1,81	1,85	1,7	1,66
<b>Tmédia</b>	<b>1,95</b>	<b>1,70</b>	<b>1,85</b>	<b>1,75</b>	<b>1,53</b>	<b>1,71</b>	<b>1,51</b>	<b>1,19</b>	<b>1,33</b>	<b>1,54</b>	<b>1,76</b>	<b>1,78</b>	<b>1,78</b>	<b>1,73</b>	<b>1,66</b>	<b>1,61</b>
<b>u(T20dB)</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
<b>dDnT/T20</b>	<b>2,23</b>	<b>2,55</b>	<b>2,35</b>	<b>2,48</b>	<b>2,84</b>	<b>2,53</b>	<b>2,87</b>	<b>3,64</b>	<b>3,27</b>	<b>2,82</b>	<b>2,46</b>	<b>2,45</b>	<b>2,43</b>	<b>2,51</b>	<b>2,62</b>	<b>2,70</b>

Na Tabela 21 e na Tabela 22 apresentam-se as medições correspondentes à emissão (E1 a E3) e as medições correspondentes à receção (R1 a R5), a média das medições, a incerteza padrão e o coeficiente de sensibilidade. A emissão foi medida a 2 metros da fachada e a receção em 5 pontos distribuídos no local recetor.

Tabela 21. Nível sonoro medido a 2m em frente da fachada

Emissão/Freq [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	25000	3150
E1	75,5	81,3	86,9	85,2	85,4	82,1	80,6	79,4	79	78	77	79,2	85,8	84,6	84,3	82,2
E2	75,2	82	86,9	84,5	84,6	82,9	80,6	79	78,7	77,7	76,9	79,1	85,6	84,5	84,1	82
E3	75,3	81,4	87,1	84,2	84,7	82,5	80,7	79,4	78,8	77,2	76,8	79,6	85,1	84,2	83,9	82
L1,2m,f (média)	75,3	81,6	87,0	84,7	84,9	82,5	80,6	79,3	78,8	77,6	76,9	79,3	85,5	84,4	84,1	82,1
u(Lemissor)	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
dD2mT/dLemissor	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 22. Nível do sinal e do ruído de fundo combinados no quarto

Recepção/Freq [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	25000	3150
R1	46,4	59,2	59,5	66,8	63,2	58,6	56,2	56,9	59,6	52,8	49,6	51,4	53,8	47,8	41,2	36,9
R2	45,8	56,8	65,6	66,5	62,7	60,5	54,1	58,6	61,4	54,3	49,8	52	55,9	48,6	41,5	36,9
R3	54	59,8	63,7	67,4	63,7	58	52,5	57,9	60,9	53,5	50	50,9	54,6	48,8	41,6	36,5
R4	47,9	58,2	59,5	64,3	61,7	59,6	53,9	57	57,3	54,3	50	51,8	54,6	48,7	42,4	38,6
R5	55	58,1	63,2	66,5	60,3	59,9	54,6	55,6	59,1	53,2	50,2	52	54,4	48,4	41,7	36,4
Lsb	51,5	58,5	62,9	66,4	62,5	59,4	54,4	57,3	59,9	53,7	49,9	51,6	54,7	48,5	41,7	37,1
u(Lreceptor)	1,9	0,5	1,2	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,7	0,3	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4
dD2mT/dLreceptor (2)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Nota: Na Tabela 19 e na Tabela 22 a soma de (1) e (2) tem que ser igual a 1.

Na Tabela 23 apresentam-se as diferenças entre a média do nível de pressão sonora no quarto e o ruído de fundo medido no quarto. Quando a diferença é inferior a 10 dB faz-se uma correção do nível medido no quarto de acordo com a secção 3.2.2.2. (correções devidas ao ruído de fundo). Neste caso não existem correções de ruído de fundo.

Tabela 23. Diferença entre o nível do sinal e do ruído de fundo combinados e o nível de ruído de fundo (Lsb-Lb), nível médio de pressão sonora do quarto corrigido do ruído de fundo (L2)

Freq.	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	25000	3150
Lsb-Lb	27	35	39	45	42	37	33	36	41	35	30	32	34	31	25	22
L2,f	51,5	58,5	62,9	66,4	62,5	59,4	54,4	57,3	59,9	53,7	49,9	51,6	54,7	48,5	41,7	37,1

Na Tabela 24 apresenta-se a incerteza do sonómetro e do arredondamento

Tabela 24. Incerteza do equipamento de medição e do arredondamento

Freq. [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	25000	3150
u(son)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
u(arred)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Na Tabela 25 apresenta-se o cálculo da incerteza combinada e da incerteza expandida. É aplicada a equação (1) para o cálculo de  $D_{2m,nT,f}$ , em que  $T_0$  é igual a 0,5 s, neste caso o compartimento em estudo não tem tempo de reverberação atribuível,

Tabela 25. Cálculo da incerteza expandida e de  $D_{2m,nT,f}$ 

Freq. [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	25000	3150
u(D2m,nT,f)	2,1	0,9	1,4	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8
D2m,nT,f	29,7	28,4	29,7	23,7	27,3	28,4	31,0	25,7	23,2	28,9	32,4	33,2	36,3	41,3	47,6	50,0
U(D2m,nT,f)	4,16	1,83	2,82	1,87	1,94	1,74	1,86	1,78	2,03	1,60	1,43	1,50	1,62	1,47	1,47	1,62



Na Tabela 26 mostra-se como a curva de referência é calculada (a metodologia encontra-se na norma [ISO 717-1]). Atribui-se um valor na frequência 100 Hz de forma que na última coluna a soma dos valores negativos seja o mais próximo possível de 32 mas sem ultrapassar este valor. O índice de isolamento será o valor da frequência 500Hz, neste caso de 32 dB. A este valor aplica-se o fator incerteza de +3 dB de acordo com o RRAE.

Tabela 26. Cálculo da curva de referência

Frequência f Hz	D <sub>2m,nT,f</sub> (dB)	Curva de referência	Diferenças
50	--		
63	--		
80	--		
100	29,7	13	16,7
125	28,4	16 (13+3)	12,4
160	29,7	19 (16+3)	10,7
200	23,7	22 (19+3)	1,7
250	27,3	25 (22+3)	2,3
315	28,4	28 (25+3)	0,4
400	31,0	31 (28+3)	0,0
500	25,7	32 (31+1)	-6,3
630	23,2	33 (32+1)	-9,8
800	28,9	34 (33+1)	-5,1
1000	32,4	35 (34+1)	-2,6
1250	33,2	36 (35+1)	-2,8
1600	36,3	36	0,3
2000	41,3	36	5,3
2500	47,6	36	11,6
3150	50,0	36	14,0
4000	--	36	
5000	--	36	
Soma negativos			26,6

&lt; 32

Como a fachada do quarto em estudo tem uma área de envidraçado superior a 60%, aplica-se ao valor calculado o termo de adaptação de acordo com a Tabela 2. Neste caso aplica-se o C, seguindo o estipulado na Tabela 2.

Tabela 27. Cálculo do termo de adaptação (C)

Freq.	D <sub>2m,nT,f</sub> dB	Espetro N° 1 (ISO 717-1) L <sub>i1</sub> dB	(diferença)	10 <sup>(D<sub>2m,nT,f</sub>-L<sub>i1</sub>)*10000</sup> dB
100	29,7	-29	-58,7	0,134616
125	28,4	-26	-54,4	0,366625
160	29,7	-23	-52,7	0,537444
200	23,7	-21	-44,7	3,400496
250	27,3	-19	-46,3	2,347382
315	28,4	-17	-45,4	2,852933
400	31,0	-15	-46,0	2,505107
500	25,7	-13	-38,7	13,38867
630	23,2	-12	-35,2	30,26454
800	28,9	-11	-39,9	10,29224
1000	32,4	-10	-42,4	5,697073
1250	33,2	-9	-42,2	6,070508
1600	36,3	-9	-45,3	2,940236
2000	41,3	-9	-50,3	0,922769
2500	47,6	-9	-56,6	0,218637
3150	50,0	-9	-59,0	0,125931
Soma				82,0652
(-10*log(82,0652/100000))				30,9
Arredondamento				31
C=31-32				-1

O valor final do ensaio será: D<sub>2m,nT</sub>= 32 dB + 3 dB- 1dB= 34 dB

No anexo A4 é apresentado um relatório tipo deste exemplo.

## Anexo A.2 – Exemplo de cálculo do nível de avaliação

Apresenta-se o cálculo do ruído de um elevador pertencente a um edifício multifamiliar. Na Tabela 28 faz-se a caracterização do equipamento.

Tabela 28. Caracterização do equipamento

Equipamento	Período de um ciclo (s)	Condições de Funcionamento	Ciclo de Funcionamento
Elevador OTIS 2000E 5 Pessoas 400Kg	133	O elevador foi carregado com 1 pessoas (carga aproximada de 90 kg).	Inicia-se a subida do elevador do nível mais baixo possível. Para-se em cada nível intermédio. Abre-se e fecha-se a porta. Quando o elevador tiver atingido o nível mais alto do foço este deve ser chamado diretamente para o nível mais baixo e de seguida abre-se e fecha-se a porta.

Na Tabela 29 apresenta-se as medições de ruído ambiente e de ruído de fundo.

Tabela 29. Medições de ruído ambiente e de ruído de fundo

Medições Ruído Ambiente [dB]																									
Posição	MEDICAO	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1,25 kHz	1,6 kHz	2 kHz	2,5 kHz	3,15 kHz	4 kHz	5 kHz	6,3 kHz	8 kHz	10 kHz
Posição de	Leq1	47,8	51,3	44,1	43,3	38,6	33,5	33,3	32,4	27,4	24,9	20,3	20,5	23,6	24,1	23,0	19,7	16,6	12,1	10,7	9,6	9,6	10,0	10,0	10,0
	Leq2	46,8	46,0	42,1	40,3	37,1	32,7	32,7	31,9	26,9	24,3	19,3	19,5	22,9	22,8	21,6	18,3	14,9	11,0	10,4	9,6	9,6	10,0	10,0	10,0
Posição nº2	Leq1	48,5	53,1	31,6	32,8	29,3	30,9	31,0	34,7	27,0	25,4	24,0	23,3	24,6	23,4	23,6	20,3	16,1	11,9	11,3	9,6	9,6	10,0	10,0	10,0
	Leq2	48,2	35,7	33,3	32,5	29,7	30,6	30,7	34,5	27,2	25,8	24,3	23,8	25,4	24,7	23,5	20,3	16,4	12,1	11,0	9,6	9,6	10,0	10,0	10,0
Posição nº3	Leq1	32,2	29,4	34,3	29,2	28,1	30,4	29,7	34,5	28,5	24,7	23,3	22,9	24,7	24,1	22,4	19,7	15,5	11,0	10,4	9,6	9,6	10,0	10,0	10,0
	Leq2	32,6	30,3	35,9	29,7	28,2	31,0	29,9	35,1	28,1	24,2	22,8	22,4	24,0	23,3	22,1	19,0	15,1	11,3	10,4	9,6	9,6	10,0	10,0	10,0
M - Média		46,2	44,8	39,4	38,0	34,1	31,7	31,4	34,0	27,6	24,9	22,7	22,3	24,3	23,8	22,8	19,6	15,8	11,6	10,7	9,6	9,6	10,0	10,0	10,0
Medições Ruído de Fundo [dB]																									
Posição	MEDICAO	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1,25 kHz	1,6 kHz	2 kHz	2,5 kHz	3,15 kHz	4 kHz	5 kHz	6,3 kHz	8 kHz	10 kHz
Posição de Canto	Leq,RF1	43,5	47,4	39,9	35,2	32,2	36,1	28,5	27,0	26,1	24,5	24,8	23,1	24,8	23,4	22,4	19,2	15,7	11,9	10,4	9,1	9,6	10,0	10,0	10,0
	Leq,RF2	42,1	47,2	38,5	34,4	33,4	34,3	27,3	25,8	24,9	23,6	24,3	22,5	24,6	22,9	22,6	19,3	15,5	11,3	10,4	9,6	9,6	10,0	10,0	10,0
Posição nº2	Leq,RF1	42,0	34,9	32,0	32,1	28,3	31,5	28,2	33,4	25,4	22,0	23,1	22,5	24,1	23,7	22,7	19,3	15,4	11,3	11,6	10,0	9,6	10,0	10,0	10,0
	Leq,RF2	43,1	31,0	30,9	31,9	27,1	30,4	25,8	31,5	23,9	20,8	21,6	20,5	21,5	20,7	20,7	17,8	13,9	10,7	9,6	9,1	9,6	10,0	10,0	10,0
Posição nº3	Leq,RF1	28,3	28,9	33,6	30,4	26,3	29,3	27,9	34,0	27,3	23,0	22,5	23,3	26,0	25,0	23,0	19,2	14,5	10,7	9,6	9,1	9,6	10,0	10,0	10,0
	Leq,RF2	28,9	30,2	34,3	30,4	26,9	30,5	29,7	34,2	25,6	21,3	22,7	21,9	22,7	21,7	21,1	19,1	16,5	11,9	10,4	9,1	9,6	10,0	10,0	10,0
M - Média		41,0	42,8	36,1	32,8	30,0	32,7	28,1	32,1	25,7	22,7	23,3	22,4	24,2	23,1	22,2	19,0	15,3	11,3	10,4	9,3	9,6	10,0	10,0	10,0

Tabela 30. A – Correções devidas à malha A

50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1,25 kHz	1,6 kHz	2 kHz	2,5 kHz	3,15 kHz	4 kHz	5 kHz	6,3 kHz	8 kHz	10 kHz
-30,2	-26,2	-22,5	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6	-4,8	-3,2	-1,9	-0,8	0,0	0,6	1,0	1,2	1,3	1,2	1,0	0,5	-0,1	-1,1	-2,5

Na Tabela 31 calcula-se a diferença entre a média do nível de pressão sonora do equipamento (designado por ruído ambiente na tabela) e o ruído de fundo. Se o ruído de fundo ficar 10dB ou mais abaixo do nível de pressão sonora do equipamento não é necessária nenhuma correção, no entanto se o nível de ruído de fundo ficar 4 a 10 dB abaixo do nível de pressão sonora do equipamento aplica-se a equação (7) ou 2,2dB se a diferença for inferior ou igual a 4 dB. Aos valores  $L_{eq,médio,corrigido}$  somam-se os valores da Tabela 30 para se obter os valores em dB(A). Aplica-se a soma logarítmica e obtém-se o valor de  $L_A$  em dB(A).

Tabela 31. Cálculo de  $L_{eq}$  médio corrigido

	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1,25 kHz	1,6 kHz	2 kHz	2,5 kHz	3,15 kHz	4 kHz	5 kHz	6,3 kHz	8 kHz	10 kHz
Diferença entre as Médias de RA e RF	5,1	2,1	3,2	5,2	4,1	-1,0	3,4	2,0	1,9	2,2	-0,6	-0,1	0,1	0,7	0,6	0,6	0,5	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
$L_{eq,médio, corr}$	44,6	42,6	37,2	36,4	32,0	29,5	29,2	31,8	25,4	22,7	20,5	20,1	22,1	21,6	20,6	17,4	13,6	9,4	8,5	7,4	7,4	7,8	7,8	7,8
$L_{Aeq, médio Corrigido}$ dB(A)	14,4	16,4	14,7	17,3	15,9	16,1	18,3	23,2	18,8	17,9	17,3	18,2	21,3	21,6	21,2	18,4	14,8	10,7	9,7	8,4	7,9	7,7	6,7	5,3
<b>LA</b> <b>dB(A)</b>	31,2																							

Na Tabela 32 apresenta-se as medições do tempo de reverberação e a respetiva média obtidos por decaimentos de 20dB.

Tabela 32. Tempo de reverberação

Tempo de Reverberação [s]			
	500	1000	2000
T1	1,07	1,12	1,07
T2	1,11	0,97	1,03
T3	1,07	1,19	1,08
T4	1,23	1,07	1,09
T5	1,26	1,19	1,08
T6	1,16	1,09	1,19
T7	1,08	1,09	1,12
T8	1,15	1,06	1,14
T9	1,08	0,99	1,08
T10	0,92	1,05	1,06
T11	0,88	1,16	1,13
T12	1,09	1,01	1,1
<b>T</b>	<b>1,09</b>	<b>1,08</b>	<b>1,10</b>
<b>T médio</b>	<b>1,1 s</b>		

No  $L_{Aeq, corrigido}$  em dB(A) verifica-se a ocorrência do K, caso se verifique a mesma ocorrência de K no ruído de fundo (na média) não é considerado porque a origem não é do equipamento.

Na Tabela 33 apresenta-se o resultado do ensaio, aplicando a equação (8).

Tabela 33. Resultado

$L_{Ar,nT} =$	28	+	K	dB(A)
$L_{Ar,nT} =$	28	+	0	dB(A)
$L_{Ar,nT} =$	28	dB(A)		

**Anexo A.4 – Exemplo de um cálculo de ensaio de ruído ambiente**

Para verificação dos valores limites de exposição de um terreno para loteamento, realizaram-se medições em dois dias distintos. A Tabela 34 apresenta as datas das medições, as horas e o número de amostras (neste caso duas amostras). Cada medição teve uma duração de pelo menos 15 minutos. Nesta tabela é apresentada uma contagem de veículos (fonte predominante), registou-se também as condições metrológicas observadas durante as medições. Como o objetivo das medições era apenas verificar se o local cumpria com os valores limites de exposição, optou-se no período noturno por realizar as medições num horário mais desfavorável entre as 23:00 horas e as 00:30 horas, se cumprisse neste espaço de tempo também cumpriria caso as medições fossem em todo o período noturno.

Tabela 34. Levantamento

Período	Amostra n.º	Ponto N.º	Data	hora	L <sub>Aeq,T</sub> [dB(A)]	Tipo de fontes - contagem		Condições meteorológicas					L <sub>Aeq,T</sub> [dB(A)]
						Viaturas Leveiras/hora	Viaturas Pesadas/hora	Nebulosidade	V.Vento (m/s)	Dir. Vento	Temp (°C)	H R %	
Diurno	1	P1	21-11-2011	11:34	55,2	296	54,7	8/8	1,4	Favorável	13,9	82,5	55,6
			21-11-2011	11:53	55,7								
			21-11-2011	12:17	55,8								
Entardecer	1	P1	21-11-2011	21:43	52,4	105	2,7	5/8	3,7	Favorável	12,6	69,8	51,6
			21-11-2011	22:04	50,4								
			21-11-2011	22:20	51,7								
Noturno	1	P1	21-11-2011	23:06	50,0	64	4,0	4/8	4,2	Favorável	12,1	66,9	52,2
			21-11-2011	23:24	53,6								
			21-11-2011	23:43	52,3								
Diurno	2	P1	22-11-2011	16:49	56,3	401	52	5/8	1	Favorável	13,4	74,6	57,0
			22-11-2011	17:05	57,4								
			22-11-2011	17:22	57,1								
Entardecer	2	P1	22-11-2011	21:55	51,6	141	11	4/8	1	Favorável	12,1	65,8	53,3
			22-11-2011	22:13	55,1								
			22-11-2011	22:29	52,2								
Noturno	2	P1	22-11-2011	23:02	53,4	130	20	4/8	2	Favorável	11,8	62,5	52,2
			23-11-2011	0:10	51,2								
			23-11-2011	0:29	51,7								

Sendo  $h_s = 0,5$  m;  $h_r = 4$  metros e  $d_p = 75$  metros a equação (15) não cumpre, aplicando a equação (16) temos os valores da Tabela 35.

Tabela 35. Valores de  $C_{met}$ 

$C_{met}$	
$C_{met\ day}$	0,59 dB
$C_{met\ ev}$	0,28 dB
$C_{met\ nigh}$	0,00 dB

Tabela 36. Valores de  $L_{Aeq,T(Dw)}$  e  $L_{Aeq,LT}$ 

Ponto	Período	$L_{Aeq,(Dw)}$	$L_{Aeq,LT}$
P1	Diurno	56,3 dB(A)	55,7 dB(A)
	Entardecer	52,5 dB(A)	52,2 dB(A)
	Noturno	52,2 dB(A)	52,2 dB(A)

O valor de  $L_{den}$  é calculado pela equação (18) usando os valores de  $L_{AT(LT)}$  da Tabela 36, o valor de  $L_n$  é retirado diretamente da Tabela 36.

Tabela 37. Resultados finais

$L_{den}$	
P1	59 dB(A)
$L_n$	
P1	52 dB(A)

Pode-se verificar que a zona de medição cumpre com os limites para zona mista (Tabela 11).

### **Anexo A.3 – Exemplo de um relatório de acústica de edifícios uma moradia isolada**

O relatório pode ser impresso em folhas timbradas. O relatório deve ter o símbolo de acreditação por exemplo no cabeçalho do relatório.

# RELATÓRIO DE ENSAIO ACÚSTICO

N.º ---/2012

Dados do Requerente:	
Requerente:	<i>Requerente</i>
Morada	<i>Morada</i>
Localidade:	<i>Localidade</i>
Código Postal	<i>Código Postal</i>
NIF:	<i>NIF</i>

Dados do Local de Ensaio:	
Morada:	<i>Morada:</i>
Localidade:	<i>Localidade:</i>
Código Postal:	<i>Código Postal:</i>
Tipo de Edifício:	Morada unifamiliar isolada
Alvará Obras:	<i>Alvará Obras:</i>
N.º de processo C.M.:	<i>N.º de processo C.M.:</i>



## RELATÓRIO DE ENSAIO ACÚSTICO N.º:---/2012

**1 – OBJECTIVO**

O presente relatório é referente á determinação dos índices referentes ao DL 96/2008 de 09 de Junho.

Método de Medição/Cálculo	Índice	Nº Ensaios Realizados
NP EN ISO 140-5 e NP EN ISO 717-1	$D_{2m,nT,w}$	1
Total de ensaios		1
Data da Realização do Ensaio:	05 de Junho de 2012	
Data da Realização do Relatório:	12 de Junho de 2012	

Legenda:

$D_{2m,nT,w}$

Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea de fachada

**2 – METODOLOGIA, EQUIPAMENTO E CONDIÇÕES DE ENSAIO****2.1 Metodologia**

As medidas acústicas e cálculos, cujos resultados são apresentados neste relatório, foram realizados de acordo com a metodologia descrita no Procedimento Técnico interno (PGQ A1) e as Normas respetivas.

2.1.1 Determinação do Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado de elementos de fachada –  $D_{2m,nT,w}$

A metodologia de ensaio utilizada é a descrita na norma NP EN ISO 140-5:2009 e NP EN ISO 717-1:2009.

Nota: A configuração do compartimento de medição em estudo originou um desvio na secção 4.5- Posição do altifalante da norma NP EN ISO 140-5.

## 2.2 Equipamento

Designação:	N.º de Série
Sonómetro do tipo 1, da CESVA modelo SC-310 e respetivos acessórios	--
Calibrador, da CESVA modelo CB5	--
Fonte de pressão sonora CESVA, modelo FP120	--
Coluna omnidirecional CESVA modelo BP012 “dodecaedro”	--
Tripé	--
Fita métrica 30m com primeira verificação	--

Todos os equipamentos de medida referenciados são alvo de verificação/ calibração por entidades acreditadas, nomeadamente o ISQ.

## 2.3 Condições de ensaio

A qualidade das medições efetuadas foi assegurada através do cumprimento das seguintes condições:

- Respeito das normas e procedimentos internos.
- Verificação do estado de funcionamento do aparelho de medição.
- Verificação do aparelho de medida no início e no final de cada série de medições para o valor de 93,9 dB. A verificação do aparelho de medida do ruído é essencial, sendo a única forma do operador garantir a validade dos resultados obtidos.
- O sonómetro é sujeito a verificação e a calibração em laboratório acreditado.

## 2.4 Cálculos

Através da utilização do software “CESVA Capture Studio” de transferência, e visualização dos dados recolhidos pelo sonómetro e software “CESVA Insulation Studio” para tratamento e realização dos cálculos necessários à obtenção dos resultados finais das medições.

### 3 – DOCUMENTAÇÃO APLICÁVEL E RESULTADOS

“Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios” aprovado pelo Decreto-Lei nº129/2002 de 11 de Maio com a redação que lhe foi dada pelo Decreto-Lei 96/2008 de 9 de Junho.

No quadro seguinte, “Quadro Resumo”, são apresentados os valores finais obtidos no ensaio, devidamente corrigidos pelo “fator de incerteza”.

QUADRO RESUMO									
Ensaio n.º	Índice isolamento	Local de Ensaio		Sentido	Valor de ensaio	I f. de incerte	C *	Valor final	Verificação do Limite Regulamentar
---	D <sub>2m,nT,w</sub>	R	Quarto R/C (Poente)	Fachada	32 dB	+3 dB	-1	34 dB	D <sub>2m,nT,w</sub> ≥ 33 dB <b>VERIFICA</b>
		E	Exterior						

Legenda:

C ou Ctr – Correção definida pela EN ISO 717-1 para os ensaios de D<sub>2mn,nT,w</sub>. Esta correção é aplicável quando a área translúcida for superior a 60% do elemento de fachada em análise.

R- Local recetor; E – Local emissor

Técnico de Laboratório

\_\_\_\_\_

Diretor Técnico de Laboratório

\_\_\_\_\_

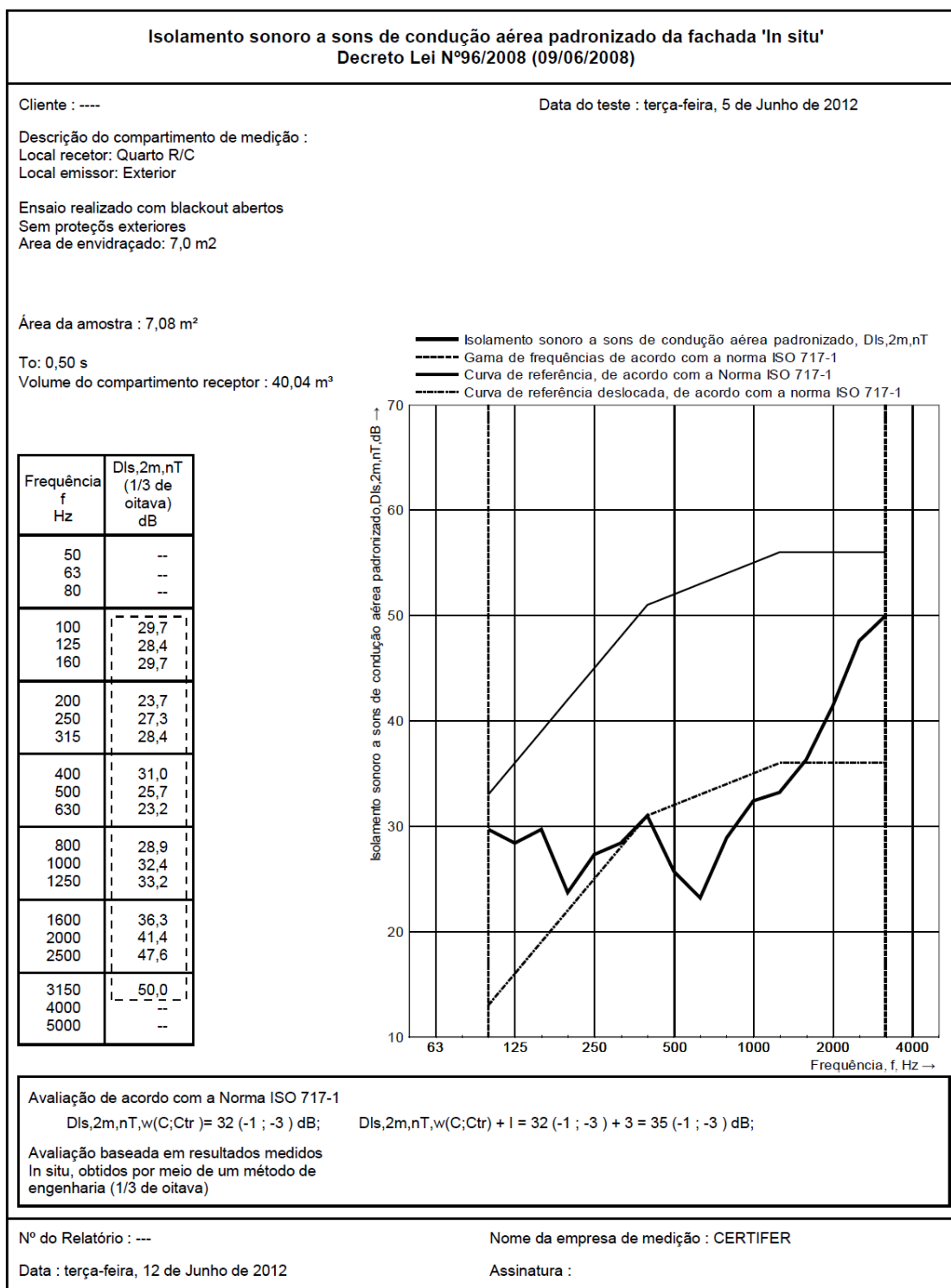
Vagos, 12 de Junho 2012

### 4 – ANÁLISE E CONCLUSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Da análise dos resultados é possível apresentar as seguintes conclusões:

- O Índice de Isolamento Sonoro de Fachadas a Sons de Condução Aérea (D<sub>2m,nT,w</sub>), obtido nos ensaios entre o exterior do quarto da moradia e o seu interior SATISFAZ o limite estabelecido no Regime Jurídico em vigor, para a zona mista.

## ANEXO I – OUTPUT DO SOFTWARE DE CÁLCULO CESVA INSULATION STUDIO DOS VÁRIOS ENSAIOS DE ISOLAMENTO:



## ANEXO II – CÓPIA DO CERTIFICADO DE ACREDITAÇÃO



### Anexo Técnico de Acreditação Nº L0419-1

*Accreditation Annex nr.*

A entidade a seguir indicada está acreditada como Laboratório de Ensaios, segundo a norma NP EN ISO/IEC 17025:2005

#### CERTIFER - Ensaios, Inspeções e Certificação Energética, Unipessoal, Lda

Endereço Rua Padre João Miranda Ascenso, nº4  
Address 3840-436 Vagos  
Contacto Paulo Sérgio Rocha  
Contact  
Telefone 237 793 015  
Fax 234 793 015  
E-mail cristina.videira@certifer.pt  
Internet www.certifer.pt

#### Resumo do Âmbito Acreditado

Acústica e Vibrações

#### Accreditation Scope Summary

Acoustics and Vibrations

Nota: ver na(s) página(s) seguinte(s) a descrição completa do âmbito de acreditação.

*Note: see in the next page(s) the detailed description of the accredited scope.*

A validade deste Anexo Técnico pode ser comprovada em  
<http://www.ipac.pt/docsig/72R68-01WE-Z7N4-J80V>

*The validity of this Technical Annex can be checked in the website on the left.*

Os ensaios podem ser realizados segundo as seguintes categorias:

*Testing may be performed according to the following categories:*

- 0 Ensaios realizados nas instalações permanentes do laboratório
- 1 Ensaios realizados fora das instalações do laboratório ou em laboratórios móveis
- 2 Ensaios realizados nas instalações permanentes do laboratório e fora destas

- 0 Testing performed at permanent laboratory premises
- 1 Testing performed outside the permanent laboratory premises or at a mobile laboratory
- 2 Testing performed at the permanent laboratory premises and outside

O IPAC é signatário dos Acordos de Reconhecimento Mútuo da EA e do ILAC

*IPAC is a signatory to the EA MLA and ILAC MRA*

O presente Anexo Técnico está sujeito a modificações, suspensões temporárias e eventual anulação, podendo a sua actualização ser consultada em [www.ipac.pt](http://www.ipac.pt).

*This Annex can be modified, temporarily suspended and eventually withdrawn, and its status can be checked at [www.ipac.pt](http://www.ipac.pt).*

Edição n.º 8 • Emitido em 2012-01-05 • Página 1 de 2

## Anexo Técnico de Acreditação N° L0419-1

Accreditation Annex nr.

### CERTIFER - Ensaios, Inspecções e Certificação Energética, Unipessoal, Lda

Nº Nr	Produto Product	Ensaio Test	Método de Ensaio Test Method	Categoria Category
<b>ACÚSTICA E VIBRAÇÕES</b> <i>ACOUSTICS AND VIBRATIONS</i>				
1	Elementos de construção	Medição do isolamento a sons de percussão de pavimentos e determinação do índice de isolamento sonoro	NP EN ISO 140-7:2008 NP EN ISO 717-2:2009 Nota 3 do Documento LNEC, 2 de Abril 2009	1
2	Elementos de construção	Medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada e determinação do índice de isolamento sonoro. Método global com altifalante	NP EN ISO 140-5:2009 NP EN ISO 717-1:2009 Nota 3 do Documento LNEC, 2 de Abril 2009	1
3	Elementos de construção	Medição do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos e determinação do índice de isolamento sonoro	NP EN ISO 140-4:2009 NP EN ISO 717-1:2009 Nota 3 do Documento LNEC, 2 de Abril 2009	1
4	Recintos Fechados	Medição do tempo de reverberação. Método interrompido	NP EN ISO 3382-2:2011	1
5	Ruído ambiente	Medição de níveis de pressão sonora. Determinação do nível sonoro médio de longa duração	NP ISO 1996-1:2011 NP ISO 1996-2:2011 PGQ A3: 25/05/2011	1
6	Ruído ambiente	Medição dos níveis de pressão sonora. Critério de incomodidade	NP ISO 1996-1:2011 NP ISO 1996-2:2011 Anexo I do Decreto-Lei n° 9/2007 PGQ A8: 25/05/2011	1
7	Ruído de equipamentos colectivos de um edifício	Medição dos níveis de pressão sonora. Determinação e avaliação do nível sonoro do ruído particular	EN ISO 16032:2004 Nota 4 do Documento LNEC, 2 de Abril 2009	1
FIM END				

**Notas:**

**Notes:**

- A acreditação para uma dada norma internacional abrange a acreditação para as correspondentes normas regionais adoptadas ou nacionais homologadas (i.e., "ISO abc" equivale a "EN ISO abc" e "NP EN ISO abc" ou UNE EN ISO abc, NF EN ISO abc, etc...)
- "PGQ x" indica procedimento interno do laboratório



Documento assinado  
electronicamente por:

Leopoldo Cortez  
Director